数学：九州大学

次世代型

数学・理数融合

問 題 冊 子

解答上の注意

1 指示があるまで，この問題冊子は開けないでください。

2 机の上には，筆記用具（鉛筆，シャープペンシル，消しゴム），時計（計算機のないもの）以外のものは置かないでください。

3 この問題冊子には，$\boxed{\text{I}}$ ～ $\boxed{\text{VII}}$ の 7 問があります。
総ページは 11 ページです。

4 解答は，解答冊子に記入してください。

5 $\boxed{\text{I}}$ は必須問題，$\boxed{\text{II}}$ ～ $\boxed{\text{VII}}$ は選択問題です。
選択問題のうち，原則として「数学Ⅲ」履修者は $\boxed{\text{II}}$ ～ $\boxed{\text{IV}}$ を，未履修者は $\boxed{\text{V}}$ ～ $\boxed{\text{VII}}$ を選択して下さい。

6 配布した問題冊子は，持ち帰らないでください。

$\boxed{\text{I}}$ さくらさんは，中学校の数学の教科書を読み返しているとき，三角形の合同条件は本当に正しいのかどうか疑問を持ちました。今の教科書では，2 つの図形が合同であることの定義は「ぴったり重なるとき」とされており，これでは直観的であって，三角形の合同条件は厳密に証明されていないと感じたからです。そこで，図書館に行って昔の数学の教科書を調べると，高等学校のある教科書には次のようにかかれていることを見つけました。

> さきへ進むまえに，三角形の合同ということをはっきりとさせておこう。
> 二つの三角形 ABC，A′B′C′ が合同であるというのは，
> BC = B′C′，　CA = C′A′，　AB = A′B′
> ∠A = ∠A′，　∠B = ∠B′，　∠C = ∠C′
> がなりたつことである。そして，△ABC と △A′B′C′ が合同であることを，記号でつぎのようにかく。
> △ABC ≡ △A′B′C′

(小松勇作編『新編　数学 IIB〔新訂版〕』，旺文社. 昭和 52 年. 187 ページ)

また，中学校で学んだ三角形の合同条件の 1 つである「2 組の辺とその間の角がそれぞれ等しい」は，英語圏では「Side – Angle – Side」と呼ばれ，簡潔に SAS とかかれること，さらに日本でも以前はその条件は「二辺夾角（にへんきょうかく）」と呼ばれていたことを知り，これらのほうが覚えやすいと思いました。

図形が好きなさくらさんは，△ABC と △A′B′C′ に対して，

AB = A′B′，BC = B′C′，∠B = ∠B′

のとき，上の教科書にしたがえば，△ABC と △A′B′C′ が合同であることは次のような手順で証明できるという見通しを立てました。

〔手順 1〕
CA = C′A′ であることを示す。

証明

余弦定理より，

$$\begin{aligned} CA^2 &= AB^2 + BC^2 - 2AB \cdot BC\cos \boxed{\text{ア}} \\ &= A'B'^2 + B'C'^2 - 2A'B' \cdot B'C'\cos \boxed{\text{イ}} \\ &= C'A'^2 \end{aligned}$$

CA > 0，C′A′ > 0 より，CA = C′A′ である。

〔手順 2〕
∠A = ∠A′ および ∠C = ∠C′ であることを示す。

次の (1)，(2) に答えなさい。

(1) 〔手順 1〕の $\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{イ}}$ に当てはまる記号を入れなさい。

(2) 〔手順 2〕の議論を完成させて，2 組の辺とその間の角がそれぞれ等しければ，その 2 つの三角形は合同であることを証明しなさい。

$\boxed{\text{II}}$ 中間値の定理を学んだ A さんと B さんは，この定理を応用して「赤道上空を一定の高度で一周しながら気温を測るとき，計測開始時と計測終了時の同地点における気温が等しいならば，計測された気温の分布において，気温の等しい 2 つの地点が少なくとも 1 組存在する」… (*) と主張しようとしています。次の A さんと B さんの会話を読み，あとの (1)，(2) に答えなさい。

A さん「中間値の定理を応用するには，変数や定数を設定しないといけないね。次のようにしてみよう。」

(I) 地球を中心 O の球とみなし，気温の計測を始める地点を X とする。一周する円の軌道上の任意の地点 P に対して，始線 OX と動径 OP のなす角を θ とする (図 1)。ただし，θ は $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$ である。

(II) 地点 P における気温を T とする。気温 T が角 θ の変化に対応して連続的に変化するとみなすとき，T は θ の連続関数 $T(\theta)$ である。

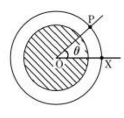


図 1

B さん「主張 (*) が成り立つことを説明するには，このように設定した関数 $T(\theta)$ について何を示せばよいのだろう。」

(1) B さんの問いに対する答えは次のようになります。$\boxed{\text{ア}}$ に当てはまる式を ① ～ ⑤ のなかから 1 つ選び，記号を入れなさい。

関数 $T(\theta)$ について，次のことを示せばよい。
「$T(0)=T(2\pi)$ ならば，区間 $[0,\ 2\pi)$ に異なる 2 つの実数 c_1，c_2 が存在し，
$\boxed{\text{ア}}$ が成り立つ」 … (**)

① $c_1 < c_2$　② $c_1 > c_2$　③ $T(c_1) < T(c_2)$　④ $T(c_1) = T(c_2)$　⑤ $T(c_1) > T(c_2)$

(2) A さんと B さんの会話を聞いていた C さんは，A さんが (II) で T(θ) を連続関数としたことに対して疑問を抱きました。次の会話を読み，あとの (2-1)，(2-2) に答えなさい。

C さん「A さんは，気温 T が角 θ の変化に対応して連続的に変化すると仮定したけれど，この仮定が必要な理由は何だろう。」

B さん「中間値の定理は閉区間で連続な関数で成り立つと学んだけれど，設定した関数 T(θ) が閉区間 [0, 2 π] で連続ではなかったら，(＊＊) は成り立たないのだろうか。」

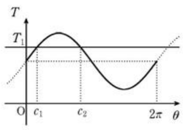


図２ 関数 T(θ) のグラフ

A さん「関数 T(θ) が閉区間 [0, 2 π] で連続ではないとき，(＊＊) は成り立つ場合もあるし，成り立たない場合もあると思うよ。」

C さん「関数 T(θ) が閉区間 [0, 2 π] で連続のとき，例えば T(θ) のグラフは図２のようになって，気温が T_1 で等しくなるような 2 つの地点の組 (c_1, c_2) が存在することが視覚的にも分かるね。」

B さん「グラフを考えることで，(＊＊) が成り立つ例や，反対に (＊＊) が成り立たない例をあげることができそうだね。」

(2-1) 閉区間 [0, 2 π] で連続ではないが，(＊＊) が成り立つような関数 T(θ) のグラフの概形をかきなさい。

(2-2) 閉区間 [0, 2 π] で連続ではなく，(＊＊) が成り立たないような関数 T(θ) のグラフの概形をかきなさい。

III 与えられた立方体の 2 倍の体積をもつ立方体の一辺を，定規とコンパスのみを用いて作図するという問題は，立方体倍積問題として古くから考えられてきました。これは，数学的には，与えられた立方体とその 2 倍の体積をもつ立方体の一辺をそれぞれ p, x とするとき，$x^3 = 2p^3$ となる x を求め，その長さをもつ線分を作図することと言い換えられます。定規とコンパスのみで作図できる数は，二次方程式をある回数だけ繰り返し解いて得られる範囲の数であることが知られていますから，立方体倍積問題とは，$\sqrt[3]{2}$ は自然数に対して四則計算 (加法・減法・乗法・除法) および平方根をとる操作を繰り返し行うことによって得られる数かどうかを判定するという問題になります。例えば，有理数 a, b, m, n (ただし $m>0$, $n>0$) を用いて $a+b\sqrt{m}$ や $\sqrt{a\sqrt{m}+b\sqrt{n}}$ の形で表される数は，自然数に対して四則演算および平方根をとる操作を何回か繰り返し行うことによって得られる数ですから，定規とコンパスを用いて作図することができます。

ところで現在では，$\sqrt[3]{2}$ は上のような形で表すことはできないことが知られています。このうち，$\sqrt[3]{2}$ は $a+b\sqrt{m}$ (a, b は有理数，m は 1 以外の平方数を約数としてもたない正の整数) の形で表すことができないという事実について，次のような手順で確かめてみましょう。次の (1)，(2) に答えなさい。

(1) $\sqrt[3]{2}$ は有理数ではないことを示しなさい。

(2) $b \neq 0$ とするとき $\sqrt[3]{2} = a+b\sqrt{m}$ のように表せないことは，次のように示すことができます。文章中の $\boxed{ア}$，$\boxed{イ}$ に当てはまる式をかきなさい。また，$\boxed{ウ}$ には矛盾となる理由をかきなさい。ただし，$\sqrt{m}$ は無理数であることは証明なしに用いてもよいことにします。

> $\sqrt[3]{2} = a+b\sqrt{m}$ ($b \neq 0$) と表せたとしよう。
> この式を変形すると，2＝ $\boxed{ア}$ となる。$b \neq 0$ であるから，この式から，$\sqrt{m} =$ $\boxed{イ}$ と表されることが分かる。このことから，$\boxed{ウ}$ ことがいえるため，示したいことの条件と矛盾する。したがって，$b=0$ でなければならず，当初の式は $\sqrt[3]{2} = a$ となり，(1) で示したように，$\sqrt[3]{2}$ は有理数ではないことと矛盾する。
> よって，$\sqrt[3]{2} = a+b\sqrt{m}$ と表すことはできない。

IV 熱容量を無視することができ，また熱の出入りのない魔法瓶がたくさんある状況について考えます。n を自然数とします。k ＝ 1, 2, …, n に対して，k 番目の魔法瓶には比熱 n_k，温度 T_k，質量 m_k の液体 A_k が入っているとします。これらの液体すべてを 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合されたその液体の温度 T は，熱量保存の法則から

$$\left(\sum_{k=1}^{n} m_k n_k\right) T = \sum_{k=1}^{n} m_k n_k T_k$$

を満たすことが知られています。次の (1)，(2) に答えなさい。

(1) ①，②の文章を読み，$\boxed{ア}$，$\boxed{イ}$ に当てはまる数値を入れなさい。また，$\boxed{ウ}$ には当てはまる数値を入れるとともに，それを求める過程もかきなさい。

① 温度 25 (℃)，質量 100 (g) の液体 A が一方の魔法瓶に，温度 40 (℃)，質量 200 (g) の同じ液体 A がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は $\boxed{ア}$ (℃) になります。

② 温度 34 (℃)，質量 $\boxed{イ}$ (g) の液体 B が一方の魔法瓶に，温度 25 (℃)，質量 100 (g) の同じ液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は，31 (℃) になりました。

次に，温度 34 (℃)，質量 400 (g) の液体 C が一方の魔法瓶に，温度 25 (℃)，質量 100 (g) の液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は，31 (℃) になりました。

最後に，温度 20 (℃)，質量 200 (g) の液体 C が一方の魔法瓶に，温度 40 (℃)，質量 300 (g) の液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は，$\boxed{ウ}$ (℃) になります。

(2) 比熱 n_1 の液体のみについて考えます。m_1，m_2，…，m_n を自然数とします。

(a) i ＝ 1, 2, …, n に対して，温度 T_i，質量 1 (g) の液体が m_i 個の魔法瓶にそれぞれ入っているとします。これらの $m_1 + m_2 + \cdots + m_n$ 個の魔法瓶の中の液体の温度の平均を T とします。

(b) k ＝ 1, 2, …, n に対して，k 番目の魔法瓶には温度 T_k，質量 m_k の液体が入っているとします。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経ったときの混合された液体の温度を T_0 とします。

このとき，$T = T_0$ となることを示しなさい。

V とよ子さんは折り紙をしようとしましたが，短い辺の長さと長い辺の長さの比が $1:\sqrt{2}$ であるような，正方形ではない長方形の紙しかありませんでした。とよ子さんは，どんな多角形でもうまく切り張りして形を変えれば，もとの多角形と同じ面積の正方形を作ることができることを聞いたことがありました (これは *Wallace-Bolyai-Gerwien* の定理と呼ばれます)。そこで，この長方形の紙を切り張りして，少しも無駄にすることなく正方形の紙を作ろうと考えました。ただし，張るときののりしろは考えないことにします。

まず，この長方形 ABCD において，AB＝ $\sqrt{2}$，BC＝1 とします。次の手順で切り張りを考えます (図１)。

> **手順 (a)**：線分 AB 上に両端以外の点 E をとり，線分 CE で長方形を切ってできる三角形 CEB をずらして，DA と CB を張り合わせます。
> **手順 (b)**：E で交わるような線分 CE の垂線と線分 DF との交点を G とします。線分 GE で平行四辺形 FECD を切ってできる台形 DGEC をずらして，FE と DC を張り合わせます。

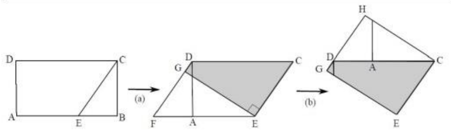


図１ 切り張りの２つの手順

このとき，EB ＝ t とおいて，次の (1)~(5) に答えなさい。

(1) 線分 CE の長さを求めなさい。

(2) 線分 EG の長さを求めなさい。

(3) $\dfrac{EG}{CE}$ は $\sqrt{2}$ より小さいことを示しなさい。

(4) とよ子さんは，はじめの E の位置をうまくとったので，正方形を作ることができました。とよ子さんのように，2 つの手順を一回だけして正方形ができるような t^2 の値を求めなさい。

(5) 寮の同じ部屋に住んでいるすみ子さんがこの様子をみていて，「私も折り紙をしたいけれど，どんな長方形でも E の位置をうまくとれば，とよ子さんと同じ手順を一回だけすれば正方形が作れそうね」と言いました。すみ子さんの言うことは正しいでしょうか。いろいろな形をした長方形について試しながら，正しいかどうか答えなさい。

Ⅵ 10 を底とする対数を常用対数といいます。常用対数の近似値は，16 世紀以来，様々な方法によって計算されてきました。ここでは，対数の性質を利用することで，既知の常用対数の近似値から，未知の常用対数の近似値を求めてみましょう。

$\log_{10}2=0.3010$，$\log_{10}3=0.4771$ として，次の (1)，(2) に答えなさい。

(1) $\boxed{ア}$ ～ $\boxed{ウ}$ に当てはまる数値を入れなさい。また，$\boxed{エ}$ には当てはまる式を ① ～ ③ のなかから 1 つ選び，記号で答えなさい。

$\log_{10}4=\boxed{ア}$，$\log_{10}5=\boxed{イ}$，$\log_{10}6=\boxed{ウ}$ である。

また，$\alpha=\log_{10}5-\log_{10}4$，$\beta=\log_{10}6-\log_{10}5$ とおくと，$\boxed{エ}$ である。

① $\alpha<\beta$　　② $\alpha=\beta$　　③ $\alpha>\beta$

(2) 対数関数を学んだ A さんは，$\log_{10}7$ の近似値を求める方法について，次のように考えました。

〔A さんの考え〕

$7^2=49\fallingdotseq 48$ を利用する。

$\log_{10}7^2 \fallingdotseq \log_{10}48$

ここで，$\log_{10}48=\log_{10}2^4\cdot 3=4\log_{10}2+\log_{10}3=1.6811$ であるから

$2\log_{10}7 \fallingdotseq 1.6811$

したがって，$\log_{10}7 \fallingdotseq 1.6811 \div 2=0.84055$

また，B さんは，A さんの考えをもとにして，次のように考えました。

〔B さんの考え〕

$7^4=2401\fallingdotseq 2400$ を利用する。

$\log_{10}7^4 \fallingdotseq \log_{10}2400$

ここで，$\log_{10}2400=\log_{10}2^3\cdot 3\cdot 10^2=3\log_{10}2+\log_{10}3+2=3.3801$

であるから　$4\log_{10}7 \fallingdotseq 3.3801$

したがって，$\log_{10}7 \fallingdotseq 3.3801\div 4=0.845025$

$\log_{10}7$ により近い値を求めたのは A さんですか，それとも B さんですか。理由とともに答えなさい。ただし，理由の説明にあたっては，図やグラフを利用してもよいことにします。

Ⅶ **図 1** はダイヤモンドの結晶構造のモデル図です。ダイヤモンドは，**図 2** のように配置された 5 個の炭素原子 (1 つの炭素原子の周りに，4 つの炭素原子が正四面体の頂点の位置に配置されており，これを**単位四面体**と呼ぶことにします) が，**図 1** のように，互いにつながるように規則正しく並んでいることが知られています。

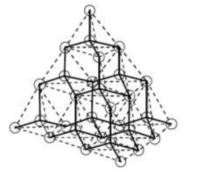


図 1　ダイヤモンドの結晶構造のモデル図

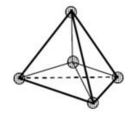


図 2　ダイヤモンドの炭素原子の配置 **(単位四面体)**

このダイヤモンドに含まれる炭素原子の数と体積を計算して，ダイヤモンドの密度を求めてみましょう。

まず，**図 2** の単位四面体が，**図 3** のように何層にも重なった，より大きな四面体の結晶を考えます (これを「**一辺が単位四面体 n 個分の正四面体**」と呼ぶことにします。**図 3** は 3 個分の単位四面体が重なっているので，「**一辺が単位四面体 3 個分の正四面体**」です)。また，この大きな四面体を，**図 4** のように結晶の底面に平行で，高さが単位四面体 1 つ分になるように層に分けていき，上から順に第 1 層，第 2 層，…と呼ぶことにします。

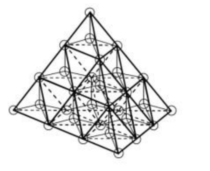


図 3　一辺が単位四面体 3 個分の正四面体

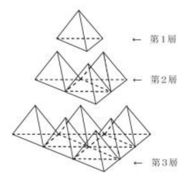


図 4　正四面体の結晶の層

(1) 次の $\boxed{ア}$，$\boxed{イ}$，$\boxed{ウ}$ に数や式を当てはめて，文章を完成させなさい。

「**一辺が単位四面体 3 個分の正四面体**」に含まれる単位四面体の個数は，**図 3** と**図 4** から分かるように $\boxed{ア}$ 個となります。また，「**一辺が単位四面体 n 個分の正四面体**」では，第 k 層 $(1\leqq k\leqq n)$ に含まれる単位四面体の個数を k を用いて表すと $\boxed{イ}$ 個です。よって，例えば $n=6$ の場合，「**一辺が単位四面体 6 個分の正四面体**」に含まれる単位四面体の個数は，$\boxed{ウ}$ 個となります。

(2) 「**一辺が単位四面体 6 個分の正四面体**」の結晶を考えます。ただしこの結晶では，単位四面体 1 個につき，炭素原子 2 個が含まれているものとします。この結晶について，ダイヤモンドの単位四面体の一辺の長さを a cm とすると，その体積は $\dfrac{\sqrt{2}\times a^3}{12}$ (cm^3) と表されます。また，炭素の原子量を 12.0，アボガドロ定数を 6.0×10^{23} として密度を計算すると [注]，$\dfrac{b}{a^3}$ $\mathrm{g/cm^3}$ という式で表されました。このとき，b に当てはまる値を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし $\sqrt{2}=1.4$ として計算して下さい。

[注] **原子がアボガドロ定数の数だけ集まると，その質量 (g) は，原子量の値に等しくなります。**

次世代型

数学・理数融合

解 答 冊 子

	大学
	学部
	学科・コース

【学生番号】

【氏名】

Ⅱ ～ Ⅳ 選択	Ⅴ ～ Ⅶ 選択

＊いずれかに○を付けて下さい。

注）「試験実施後のアンケート」にもお答えください。

				合計

I 【必須問題】

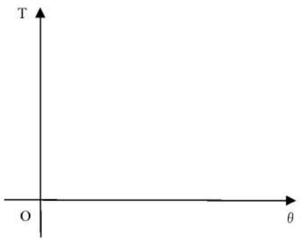
					小計(1)
(1)	ア		イ		
(2)	∠A＝∠A′ および ∠C＝∠C′ であることを示す。				小計(2)

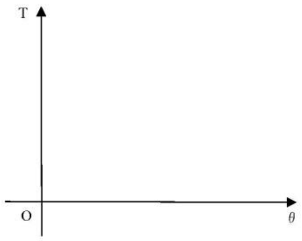
2

			合計

II 【選択問題：数学III履修者用】

			小計(1)
(1)	ア		
(2)			小計(2-1)
			小計(2-2)





3

			合計

III 【選択問題：数学III履修者用】

			小計
(1)			小計(1)
			小計(2)
(2)	ア		
	イ		
	ウ		

4

			合計

IV 【選択問題：数学III履修者用】

					小計
(1)	ア		イ		小計(1)
	ウ				
	〔ウを求める過程〕				小計(2)
(2)	〔T ＝ T_0 となることの説明〕				

5

		合計

V 【選択問題：数学Ⅲ未履修者用】

(1)		(2)	
(3)			
(4)			
(5)	すみこさんの予想は （ 正しい ・ 正しくない ） その理由：		

小計(1) 小計(2) 小計(3) 小計(4) 小計(5)

		合計

VI 【選択問題：数学Ⅲ未履修者用】

(1)	ア		イ	
	ウ		エ	
(2)	$\log_{10}7$ により近い値を求めたのは （ Aさん ・ Bさん ） その理由：			

小計(1) 小計(2)

		合計

VII 【選択問題：数学Ⅲ未履修者用】

(1)	ア		イ	
	ウ			
(2)	b に当てはまる値			

小計(1) 小計(2)

次世代型

数学・理数融合

問 題 冊 子

解答上の注意

1 指示があるまで，この問題冊子は開けないでください。

2 机の上には，筆記用具（鉛筆，シャープペンシル，消しゴム），時計（計算機のないもの）以外のものは置かないでください。

3 この問題冊子には，$\boxed{\text{I}}$ ～ $\boxed{\text{IV}}$ の 4 問があります。
総ページは 7 ページです。

4 解答は，解答冊子に記入してください。

5 すべて必須問題です。

6 配布した問題冊子は，持ち帰らないでください。

$\boxed{\text{I}}$ さくらさんは，中学校の数学の教科書を読み返しているとき，三角形の合同条件は本当に正しいのかどうか疑問を持ちました。今の教科書では，2 つの図形が合同であることの定義は「ぴったり重なるとき」とされており，これでは直観的であって，三角形の合同条件は厳密に証明されていないと感じたからです。そこで，図書館に行って昔の数学の教科書を調べると，高等学校のある教科書には次のようにかかれていることを見つけました。

> さきへ進むまえに，三角形の合同ということをはっきりとさせておこう。
> 二つの三角形 ABC，A′B′C′ が合同であるというのは，
> $\mathrm{BC}=\mathrm{B'C'}$，　$\mathrm{CA}=\mathrm{C'A'}$，　$\mathrm{AB}=\mathrm{A'B'}$
> $\angle\mathrm{A}=\angle\mathrm{A'}$，　$\angle\mathrm{B}=\angle\mathrm{B'}$，　$\angle\mathrm{C}=\angle\mathrm{C'}$
> がなりたつことである。そして，$\triangle\mathrm{ABC}$ と $\triangle\mathrm{A'B'C'}$ が合同であることを，記号でつぎのようにかく。
> $\triangle\mathrm{ABC}\equiv\triangle\mathrm{A'B'C'}$

(小松勇作編『新編　数学 IIB〔新訂版〕』，旺文社，昭和 52 年，187 ページ)

また，中学校で学んだ三角形の合同条件の 1 つである「2 組の辺とその間の角がそれぞれ等しい」は，英語圏では「Side – Angle – Side」と呼ばれ，簡潔に SAS とかかれること，さらに日本でも以前はその条件は「二辺夾角（にへんきょうかく）」と呼ばれていたことを知り，これらのほうが覚えやすいと思いました。

図形が好きなさくらさんは，$\triangle\mathrm{ABC}$ と $\triangle\mathrm{A'B'C'}$ に対して，

$$\mathrm{AB}=\mathrm{A'B'},\ \mathrm{BC}=\mathrm{B'C'},\ \angle\mathrm{B}=\angle\mathrm{B'}$$

のとき，上の教科書にしたがえば，$\triangle\mathrm{ABC}$ と $\triangle\mathrm{A'B'C'}$ が合同であることは次のような手順で証明できるという見通しを立てました。

〔手順 1〕

$\mathrm{CA}=\mathrm{C'A'}$ であることを示す。

証明

余弦定理より，

$$\begin{aligned}\mathrm{CA}^2 &= \mathrm{AB}^2+\mathrm{BC}^2-2\mathrm{AB}\cdot\mathrm{BC}\cos\boxed{\text{ア}}\\ &= \mathrm{A'B'}^2+\mathrm{B'C'}^2-2\mathrm{A'B'}\cdot\mathrm{B'C'}\cos\boxed{\text{イ}}\\ &= \mathrm{C'A'}^2\end{aligned}$$

$\mathrm{CA}>0$，$\mathrm{C'A'}>0$ より，$\mathrm{CA}=\mathrm{C'A'}$ である。

〔手順 2〕

$\angle\mathrm{A}=\angle\mathrm{A'}$ および $\angle\mathrm{C}=\angle\mathrm{C'}$ であることを示す。

次の (1)，(2) に答えなさい。

(1) **〔手順 1〕**の $\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{イ}}$ に当てはまる記号を入れなさい。

(2) **〔手順 2〕**の議論を完成させて，2 組の辺とその間の角がそれぞれ等しければ，その 2 つの三角形は合同であることを証明しなさい。

$\boxed{\text{II}}$ 中間値の定理を学んだ A さんと B さんは，この定理を応用して「赤道上空を一定の高度で一周しながら気温を測るとき，計測開始時と計測終了時の同地点における気温が等しいならば，計測された気温の分布において，気温の等しい 2 つの地点が少なくとも 1 組存在する」… (＊) と主張しようとしています。次の A さんと B さんの会話を読み，あとの (1)，(2) に答えなさい。

A さん「中間値の定理を応用するには，変数や定数を設定しないといけないね。次のようにしてみよう。」

(I) 地球を中心 O の球とみなし，気温の計測を始める地点を X とする。一周する円の軌道上の任意の地点 P に対して，始線 OX と動径 OP のなす角を θ とする (**図 1**)。ただし，θ は $0\leqq\theta\leqq 2\pi$ である。

(II) 地点 P における気温を T とする。気温 T が角 θ の変化に対応して連続的に変化するとみなすとき，T は θ の連続関数 $\mathrm{T}(\theta)$ である。

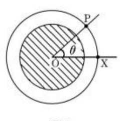


図 1

B さん「主張 (＊) が成り立つことを説明するには，このように設定した関数 $\mathrm{T}(\theta)$ について何を示せばよいのだろう。」

---

(1) B さんの問いに対する答えは次のようになります。$\boxed{\text{ア}}$ に当てはまる式を ① ～ ⑤ のなかから 1 つ選び，記号を入れなさい。

関数 $\mathrm{T}(\theta)$ について，次のことを示せばよい。

「$\mathrm{T}(0)=\mathrm{T}(2\pi)$ ならば，区間 $[0,\ 2\pi)$ に異なる 2 つの実数 c_1，c_2 が存在し，$\boxed{\text{ア}}$ が成り立つ」 … (＊＊)

① $c_1<c_2$　② $c_1>c_2$　③ $\mathrm{T}(c_1)<\mathrm{T}(c_2)$　④ $\mathrm{T}(c_1)=\mathrm{T}(c_2)$　⑤ $\mathrm{T}(c_1)>\mathrm{T}(c_2)$

(2) A さんと B さんの会話を聞いていた C さんは，A さんが (II) で T(θ) を連続関数としたことに対して疑問を抱きました。次の会話を読み，あとの (2-1)，(2-2) に答えなさい。

C さん「A さんは，気温 T が角 θ の変化に対応して連続的に変化すると仮定したけれど，この仮定が必要な理由は何だろう。」

B さん「中間値の定理は閉区間で連続な関数で成り立つと学んだけれど，設定した関数 T(θ) が閉区間 [0, 2π] で連続ではなかったら，(∗∗) は成り立たないのだろうか。」

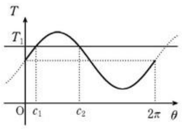


図2 関数 T(θ) のグラフ

A さん「関数 T(θ) が閉区間 [0, 2π] で連続ではないとき，(∗∗) は成り立つ場合もあるし，成り立たない場合もあると思うよ。」

C さん「関数 T(θ) が閉区間 [0, 2π] で連続のとき，例えば T(θ) のグラフは**図2**のようになって，気温が T_1 で等しくなるような 2 つの地点の組 (c_1, c_2) が存在することが視覚的にも分かるね。」

B さん「グラフを考えることで，(∗∗) が成り立つ例や，反対に (∗∗) が成り立たない例をあげることができそうだね。」

(2-1) 閉区間 [0, 2π] で連続ではないが，(∗∗) が成り立つような関数 T(θ) のグラフの概形をかきなさい。

(2-2) 閉区間 [0, 2π] で連続ではなく，(∗∗) が成り立たないような関数 T(θ) のグラフの概形をかきなさい。

Ⅲ 与えられた立方体の 2 倍の体積をもつ立方体の一辺を，定規とコンパスのみを用いて作図するという問題は，立方体倍積問題として古くから考えられてきました。これは，数学的には，与えられた立方体とその 2 倍の体積をもつ立方体の一辺をそれぞれ p，x とするとき，$x^3=2p^3$ となる x を求め，その長さをもつ線分を作図することと言い換えられます。定規とコンパスのみで作図できる数は，二次方程式をある回数だけ繰り返し解いて得られる範囲の数であることが知られていますから，立方体倍積問題とは，$\sqrt[3]{2}$ は自然数に対して四則計算 (加法・減法・乗法・除法) および平方根をとる操作を繰り返し行うことによって得られる数かどうかを判定するという問題になります。例えば，有理数 a，b，m，n (ただし $m>0$，$n>0$) を用いて $a+b\sqrt{m}$ や $\sqrt{a\sqrt{m}+b\sqrt{n}}$ の形で表される数は，自然数に対して四則演算および平方根をとる操作を何回か繰り返し行うことによって得られる数ですから，定規とコンパスを用いて作図することができます。

ところで現在では，$\sqrt[3]{2}$ は上のような形で表すことはできないことが知られています。このうち，$\sqrt[3]{2}$ は $a+b\sqrt{m}$ (a，b は有理数，m は 1 以外の平方数を約数としてもたない正の整数) の形で表すことができないという事実について，次のような手順で確かめてみましょう。次の (1)，(2) に答えなさい。

(1) $\sqrt[3]{2}$ は有理数ではないことを示しなさい。

(2) $b\neq 0$ とするとき $\sqrt[3]{2}=a+b\sqrt{m}$ のように表せないことは，次のように示すことができます。文章中の $\boxed{ア}$，$\boxed{イ}$ に当てはまる式をかきなさい。また，$\boxed{ウ}$ には矛盾となる理由をかきなさい。ただし，$\sqrt{m}$ は無理数であることは証明なしに用いてもよいことにします。

> $\sqrt[3]{2}=a+b\sqrt{m}$ $(b\neq 0)$ と表せたとしよう。
> この式を変形すると，$2=\boxed{ア}$ となる。$b\neq 0$ であるから，この式から，$\sqrt{m}=\boxed{イ}$ と表されることが分かる。このことから，$\boxed{ウ}$ ことがいえるため，示したいことの条件と矛盾する。したがって，$b=0$ でなければならず，当初の式は $\sqrt[3]{2}=a$ となり，(1) で示したように，$\sqrt[3]{2}$ は有理数ではないことと矛盾する。
> よって，$\sqrt[3]{2}=a+b\sqrt{m}$ と表すことはできない。

Ⅳ 熱容量を無視することができ，また熱の出入りのない魔法瓶がたくさんある状況について考えます。n を自然数とします。$k=1, 2, \cdots, n$ に対して，k 番目の魔法瓶には比熱 n_k，温度 T_k，質量 m_k の液体 A_k が入っているとします。これらの液体すべてを 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合されたその液体の温度 T は，熱量保存の法則から

$$\left(\sum_{k=1}^{n} m_k n_k\right)T=\sum_{k=1}^{n} m_k n_k T_k$$

を満たすことが知られています。次の (1)，(2) に答えなさい。

(1) ①，②の文章を読み，$\boxed{ア}$，$\boxed{イ}$ に当てはまる数値を入れなさい。また，$\boxed{ウ}$ には当てはまる数値を入れるとともに，それを求める過程もかきなさい。

① 温度 25 (℃)，質量 100 (g) の液体 A が一方の魔法瓶に，温度 40 (℃)，質量 200 (g) の同じ液体 A がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は $\boxed{ア}$ (℃) になります。

② 温度 34 (℃)，質量 $\boxed{イ}$ (g) の液体 B が一方の魔法瓶に，温度 25 (℃)，質量 100 (g) の同じ液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は，31 (℃) になりました。

次に，温度 34 (℃)，質量 400 (g) の液体 C が一方の魔法瓶に，温度 25 (℃)，質量 100 (g) の液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は，31 (℃) になりました。

最後に，温度 20 (℃)，質量 200 (g) の液体 C が一方の魔法瓶に，温度 40 (℃)，質量 300 (g) の液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は，$\boxed{ウ}$ (℃) になります。

(2) 比熱 n_1 の液体のみについて考えます。m_1，m_2，…，m_n を自然数とします。

(a) $i=1, 2, \cdots, n$ に対して，温度 T_i，質量 1 (g) の液体が m_i 個の魔法瓶にそれぞれ入っているとします。これらの $m_1+m_2+\cdots+m_n$ 個の魔法瓶の中の液体の温度の平均を T とします。

(b) $k=1, 2, \cdots, n$ に対して，k 番目の魔法瓶には温度 T_k，質量 m_k の液体が入っているとします。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経ったときの混合された液体の温度を T_0 とします。

このとき，$T=T_0$ となることを示しなさい。

次世代型

数学・理数融合

解 答 冊 子

	大学
	学部
	学科・コース

【学生番号】　　　　【氏名】

注）「試験実施後のアンケート」にもお答えください。

		合計

I 【必須問題】

(1)	ア		イ	
(2)	$\angle A = \angle A'$ および $\angle C = \angle C'$ であることを示す。			

小計(1)

小計(2)

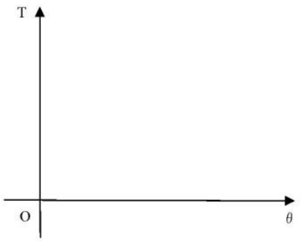
2

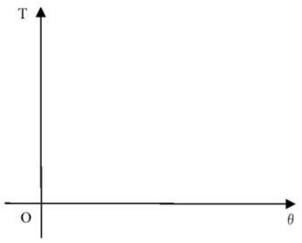
		合計

II 【選択問題：数学III履修者用】

(1)	ア	

(2)





小計(1)

小計(2-1)

小計(2-2)

3

		合計

III 【選択問題：数学III履修者用】

(1)		
(2)	ア	
	イ	
	ウ	

小計(1)

小計(2)

4

		合計

IV 【選択問題：数学III履修者用】

(1)	ア		イ	
	ウ			
	〔ウを求める過程〕			
(2)	〔$T = T_0$ となることの説明〕			

小計(1)

小計(2)

5

次世代型

数学・理数融合

問 題 冊 子

解答上の注意

1 指示があるまで，この問題冊子は開けないでください。

2 机の上には，筆記用具（鉛筆，シャープペンシル，消しゴム），時計（計算機のないもの）以外のものは置かないでください。

3 この問題冊子には，$\boxed{\mathrm{I}}$ ～ $\boxed{\mathrm{IV}}$ の4問があります。
総ページは7ページです。

4 解答は，解答冊子に記入してください。

5 すべて必須問題です。

6 配布した問題冊子は，持ち帰らないでください。

$\boxed{\mathrm{I}}$ さくらさんは，中学校の数学の教科書を読み返しているとき，三角形の合同条件は本当に正しいのかどうか疑問を持ちました。今の教科書では，2 つの図形が合同であることの定義は「ぴったり重なるとき」とされており，これでは直観的であって，三角形の合同条件は厳密に証明されていないと感じたからです。そこで，図書館に行って昔の数学の教科書を調べると，高等学校のある教科書には次のようにかかれていることを見つけました。

> さきへ進むまえに，三角形の合同ということをはっきりとさせておこう。
> 二つの三角形 ABC，A′B′C′ が合同であるというのは，
> $BC = B'C'$，　$CA = C'A'$，　$AB = A'B'$
> $\angle A = \angle A'$，　$\angle B = \angle B'$，　$\angle C = \angle C'$
> がなりたつことである。そして，$\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ が合同であることを，記号でつぎのようにかく。
> $\triangle ABC = \triangle A'B'C'$

(小松勇作編『新編　数学IIB〔新訂版〕』，旺文社．昭和 52 年．187 ページ)

また，中学校で学んだ三角形の合同条件の 1 つである「2 組の辺とその間の角がそれぞれ等しい」は，英語圏では「Side – Angle – Side」と呼ばれ，簡潔に SAS とかかれること，さらに日本でも以前はその条件は「二辺夾角」と呼ばれていたことを知り，これらのほうが覚えやすいと思いました。

図形が好きなさくらさんは，$\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ に対して，

$$AB = A'B',\ BC = B'C',\ \angle B = \angle B'$$

のとき，上の教科書にしたがえば，$\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ が合同であることは次のような手順で証明できるという見通しを立てました。

〔手順 1〕

$CA = C'A'$ であることを示す。

証明

余弦定理より，

$$\begin{aligned} CA^2 &= AB^2 + BC^2 - 2AB \cdot BC\cos \boxed{ア} \\ &= A'B'^2 + B'C'^2 - 2A'B' \cdot B'C'\cos \boxed{イ} \\ &= C'A'^2 \end{aligned}$$

$CA > 0$，$C'A' > 0$ より，$CA = C'A'$ である。

〔手順 2〕

$\angle A = \angle A'$ および $\angle C = \angle C'$ であることを示す。

次の (1)，(2) に答えなさい。

(1) **〔手順 1〕**の $\boxed{ア}$，$\boxed{イ}$ に当てはまる記号を入れなさい。

(2) **〔手順 2〕**の議論を完成させて，2 組の辺とその間の角がそれぞれ等しければ，その 2 つの三角形は合同であることを証明しなさい。

$\boxed{\mathrm{II}}$ 中間値の定理を学んだ A さんと B さんは，この定理を応用して「赤道上空を一定の高度で一周しながら気温を測るとき，計測開始時と計測終了時の同地点における気温が等しいならば，計測された気温の分布において，気温の等しい 2 つの地点が少なくとも 1 組存在する」… (＊) と主張しようとしています。次の A さんと B さんの会話を読み，あとの (1)，(2) に答えなさい。

A さん「中間値の定理を応用するには，変数や定数を設定しないといけないね。次のようにしてみよう。」

(I) 地球を中心 O の球とみなし，気温の計測を始める地点を X とする。一周する円の軌道上の任意の地点 P に対して，始線 OX と動径 OP のなす角を θ とする (図 1)。ただし，θ は $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$ である。

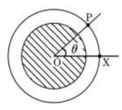


図 1

(II) 地点 P における気温を T とする。気温 T が角 θ の変化に対応して連続的に変化するとみなすとき，T は θ の連続関数 $T(\theta)$ である。

B さん「主張 (＊) が成り立つことを説明するには，このように設定した関数 $T(\theta)$ について何を示せばよいのだろう。」

---

(1) B さんの問いに対する答えは次のようになります。$\boxed{ア}$ に当てはまる式を ① ～ ⑤ のなかから 1 つ選び，記号を入れなさい。

関数 $T(\theta)$ について，次のことを示せばよい。

「$T(0)=T(2\pi)$ ならば，区間 $[0,\ 2\pi)$ に異なる 2 つの実数 c_1，c_2 が存在し，$\boxed{ア}$ が成り立つ」 … (＊＊)

① $c_1 < c_2$　② $c_1 > c_2$　③ $T(c_1) < T(c_2)$　④ $T(c_1) = T(c_2)$　⑤ $T(c_1) > T(c_2)$

(2) A さんと B さんの会話を聞いていた C さんは，A さんが (II) で T(θ) を連続関数としたことに対して疑問を抱きました。次の会話を読み，あとの (2-1)，(2-2) に答えなさい。

C さん「A さんは，気温 T が角 θ の変化に対応して連続的に変化すると仮定したけれど，この仮定が必要な理由は何だろう。」

B さん「中間値の定理は閉区間で連続な関数で成り立つと学んだけれど，設定した関数 T(θ) が閉区間 [0，2π] で連続ではなかったら，(∗∗) は成り立たないのだろうか。」

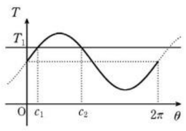


図2 関数 T(θ) のグラフ

A さん「関数 T(θ) が閉区間 [0，2π] で連続ではないとき，(∗∗) は成り立つ場合もあるし，成り立たない場合もあると思うよ。」

C さん「関数 T(θ) が閉区間 [0，2π] で連続のとき，例えば T(θ) のグラフは**図2**のようになって，気温が T_1 で等しくなるような 2 つの地点の組 (c_1, c_2) が存在することが視覚的にも分かるね。」

B さん「グラフを考えることで，(∗∗) が成り立つ例や，反対に (∗∗) が成り立たない例をあげることができそうだね。」

(2-1) 閉区間 [0，2π] で連続ではないが，(∗∗) が成り立つような関数 T(θ) のグラフの概形をかきなさい。

(2-2) 閉区間 [0，2π] で連続ではなく，(∗∗) が成り立たないような関数 T(θ) のグラフの概形をかきなさい。

III 周の長さを変えずに輪をできるだけ広くなるようにすると，輪の形は円になることが予想されます。この問題は等周問題，すなわち「周の長さが一定であるような平面図形のうち，面積が最大になるものはどのような図形であるか」として，古くから考えられてきました。結論は予想通り円なのですが，その証明には高度な数学を必要とします。しかし，具体的に何らかの図形に注目すると，その面積は円より小さくなることを実際に調べることができます。ここでは，具体的な図形として正多角形に注目して，この問題を考えていきます。次の (1) について，$\boxed{ア}$，$\boxed{イ}$ に当てはまる式をかきなさい。また，(2) に答えなさい。

(1) 頂角が θ (ただし $0<\theta<2\pi$)，底辺の長さが a であるような二等辺三角形の面積は，θ と a を使って $\boxed{ア}$ と表されます。また，n を 3 以上の自然数とするとき，周の長さが L であるような正 n 角形の面積を S_n とします。このとき，$S_n=$ $\boxed{イ}$ となります。

(2) $S_n < S_{n+1}$ であることを示し，それによって周の長さが L であるような円の面積は，S_n より大きいことを示しなさい。

IV 熱容量を無視することができ，また熱の出入りのない魔法瓶がたくさんある状況について考えます。n を自然数とします。$k=1, 2, \cdots, n$ に対して，k 番目の魔法瓶には比熱 n_k，温度 T_k，質量 m_k の液体 A_k が入っているとします。これらの液体すべてを 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合されたその液体の温度 T は，熱量保存の法則から

$$\left(\sum_{k=1}^{n} m_k n_k\right) T = \sum_{k=1}^{n} m_k n_k T_k$$

を満たすことが知られています。次の (1)，(2) に答えなさい。

(1) ①，②の文章を読み，$\boxed{ア}$，$\boxed{イ}$ に当てはまる数値を入れなさい。また，$\boxed{ウ}$ には当てはまる数値を入れるとともに，それを求める過程もかきなさい。

① 温度 25 (℃)，質量 100 (g) の液体 A が一方の魔法瓶に，温度 40 (℃)，質量 200 (g) の同じ液体 A がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は $\boxed{ア}$ (℃) になります。

② 温度 34 (℃)，質量 $\boxed{イ}$ (g) の液体 B が一方の魔法瓶に，温度 25 (℃)，質量 100 (g) の同じ液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は，31 (℃) になりました。

次に，温度 34 (℃)，質量 400 (g) の液体 C が一方の魔法瓶に，温度 25 (℃)，質量 100 (g) の液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は，31 (℃) になりました。

最後に，温度 20 (℃)，質量 200 (g) の液体 C が一方の魔法瓶に，温度 40 (℃)，質量 300 (g) の液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経つと，混合された液体の温度は，$\boxed{ウ}$ (℃) になります。

(2) 比熱 n_1 の液体のみについて考えます。m_1，m_2，$\cdots$，m_n を自然数とします。

(a) $i=1, 2, \cdots, n$ に対して，温度 T_i，質量 1 (g) の液体が m_i 個の魔法瓶にそれぞれ入っているとします。これらの $m_1+m_2+\cdots+m_n$ 個の魔法瓶の中の液体の温度の平均を T とします。

(b) $k=1, 2, \cdots, n$ に対して，k 番目の魔法瓶には温度 T_k，質量 m_k の液体が入っているとします。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し，しばらく時間が経ったときの混合された液体の温度を T_0 とします。

このとき，$T=T_0$ となることを示しなさい。

次世代型

数学・理数融合

解 答 冊 子

大学

学部

学科・コース

【学生番号】

【氏名】

注）「試験実施後のアンケート」にもお答えください。

		合計

I 【必須問題】

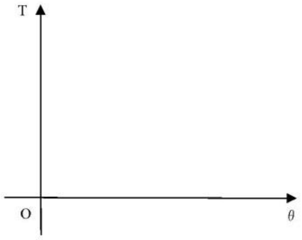
(1)	ア		イ		小計(1)
(2)	∠A＝∠A′ および ∠C＝∠C′ であることを示す。				小計(2)

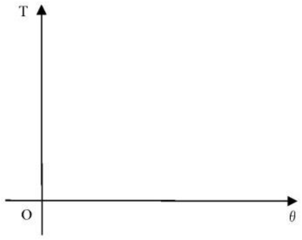
2

		合計

II 【選択問題：数学Ⅲ履修者用】

(1)	ア		小計(1)
(2)			小計(2-1) 小計(2-2)





3

		合計

III 【選択問題：数学Ⅲ履修者用】

(1)	ア		小計(1)
	イ		
(2)			小計(2)

4

		合計

IV 【選択問題：数学Ⅲ履修者用】

(1)	ア		イ		小計(1)
	ウ				
	〔ウを求める過程〕				小計(2)
(2)	〔$T = T_0$ となることの説明〕				

5

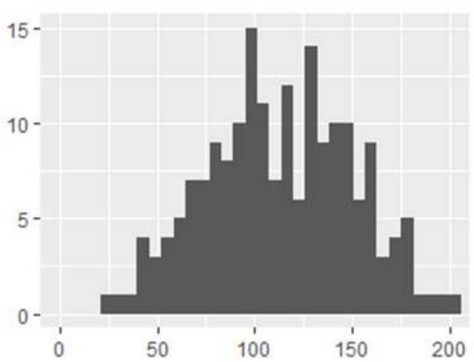
（別添資料３）

試行テストの記述統計

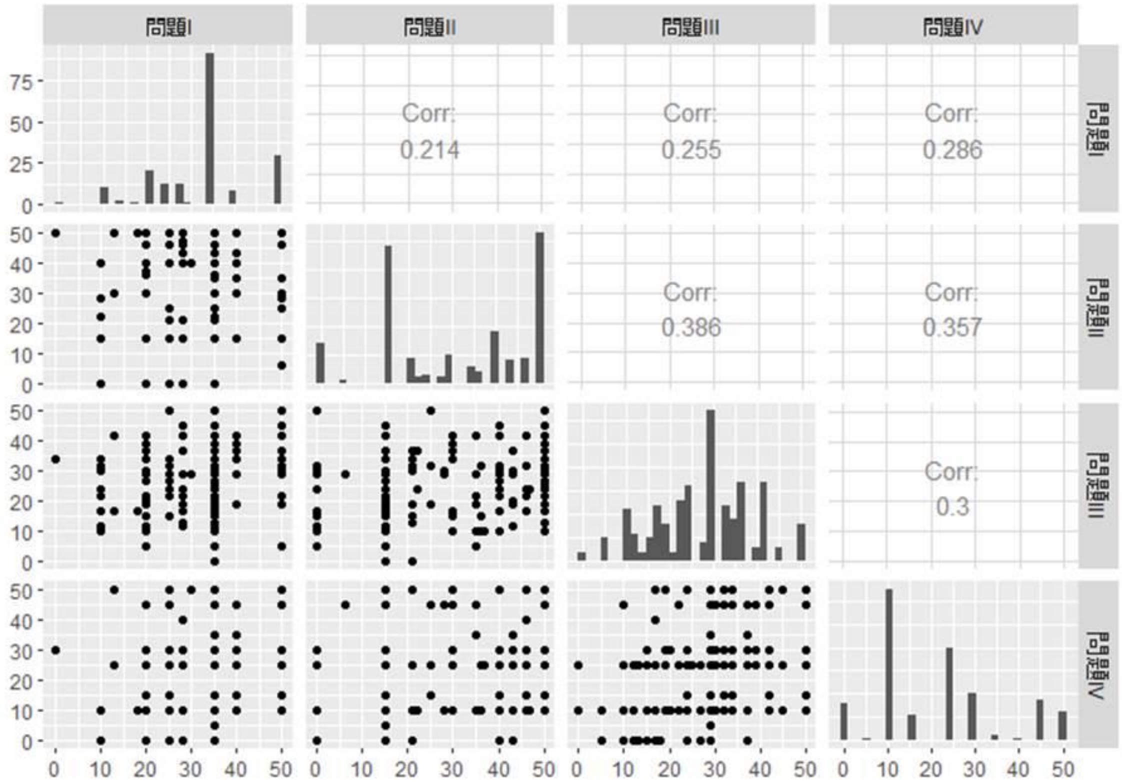
数学

総合得点 (全体)

		全体
素得点	平均	112.69
	標準偏差	37.04
得点率	平均	0.56
	標準偏差	0.19



大問の相関



試行テストの記述統計

理科

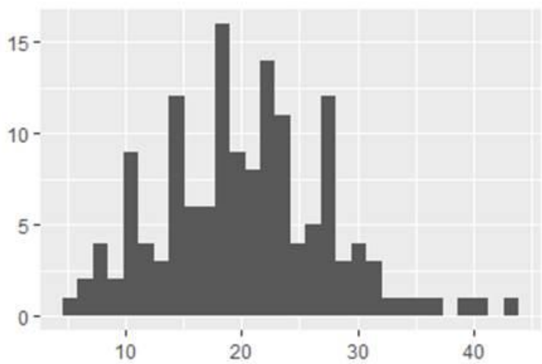
選択問題 (問題Ⅰ～Ⅳ) の選択数

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
Ⅰ	**146**			
Ⅱ	145	**187**		
Ⅲ	0	38	**43**	
Ⅳ	1	4	5	**10**

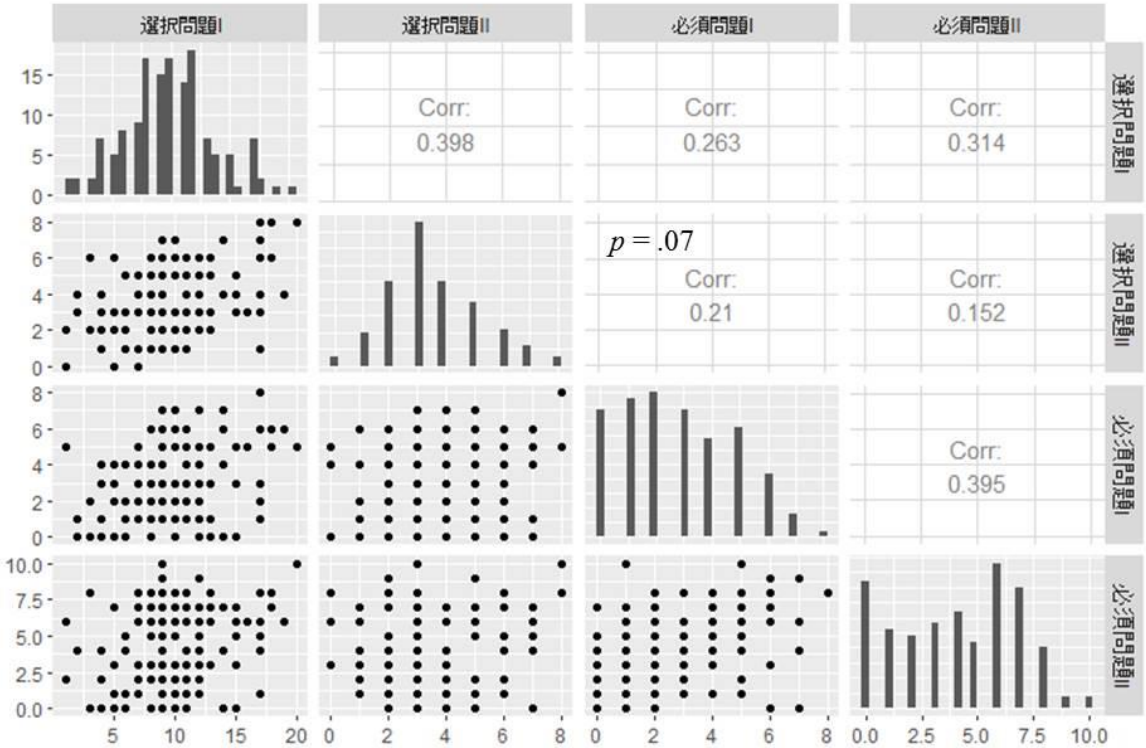
対角線はその問題を選択した人の総計

総合得点 (全体: 選択問題1･2を選んだ場合)

		全体
素得点	平均	20.37
	標準偏差	7.22

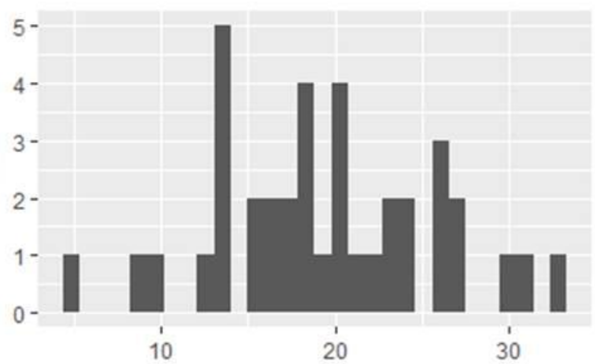


大問の相関（選択問題Ⅰ・Ⅱを選択した場合：*N* = 145）

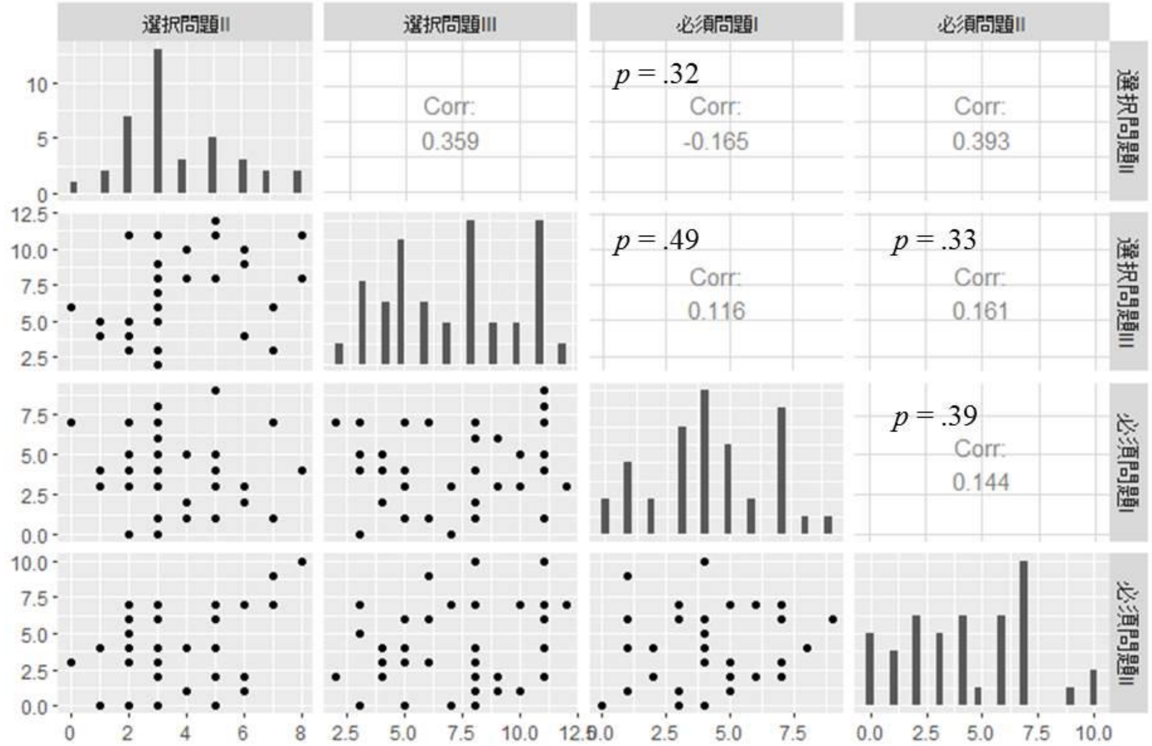


総合得点 (全体: 選択問題2・3を選んだ場合)

		全体
素得点	平均	19.39
	標準偏差	6.21



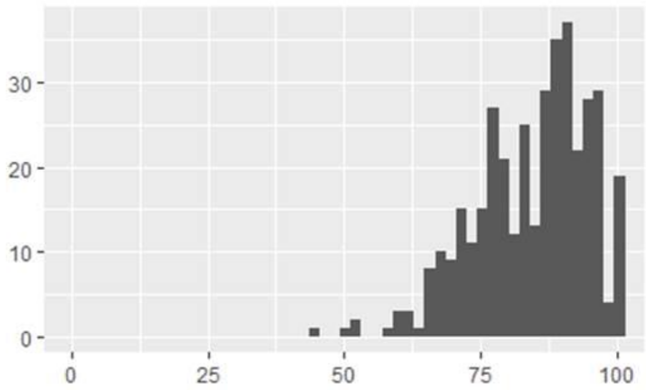
大問の相関（選択問題Ⅱ・Ⅲを選択した場合：*N* = 38）



センター試験の分析結果

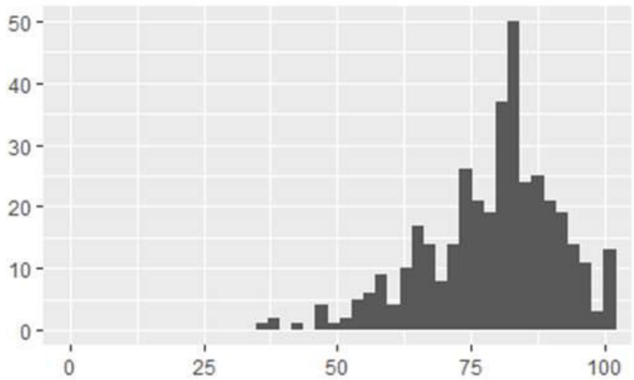
数学Ⅰ・数学A（平均・標準偏差）

科目	人数	平均	標準偏差
数学Ⅰ・数学A	381	84.51	10.3



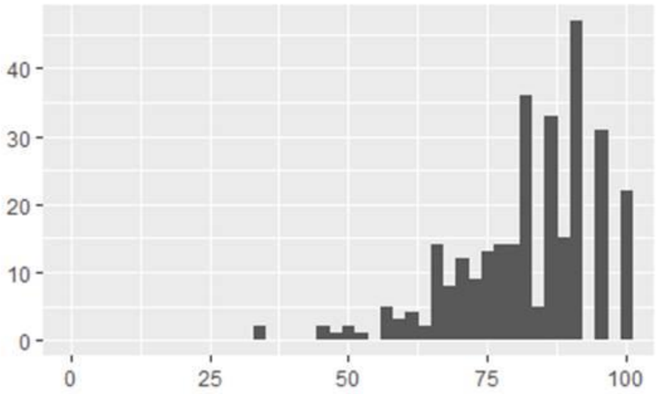
数学Ⅱ・数学B（平均・標準偏差）

科目	人数	平均	標準偏差
数学Ⅱ・数学B	381	78.98	12.32



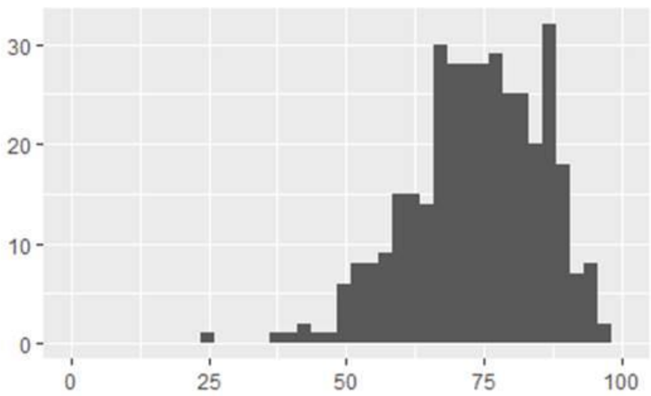
物理（平均・標準偏差）

科目	人数	平均	標準偏差
物理	295	82.52	12.32



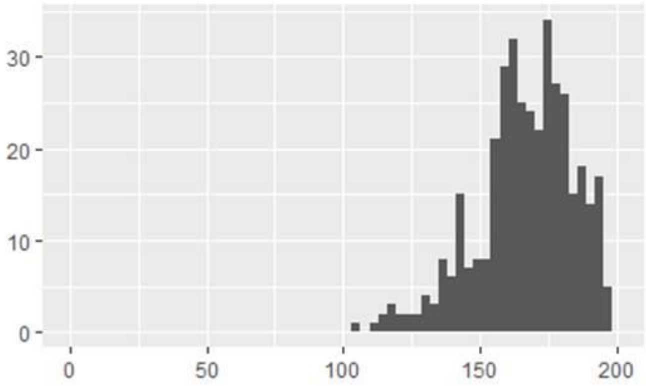
化学（平均・標準偏差）

科目	人数	平均	標準偏差
化学	362	73.67	11.89



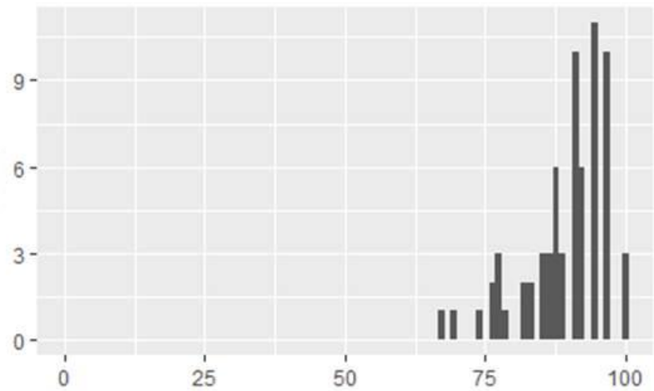
英語（平均・標準偏差）

科目	人数	平均	標準偏差
英語	381	166.46	17.72



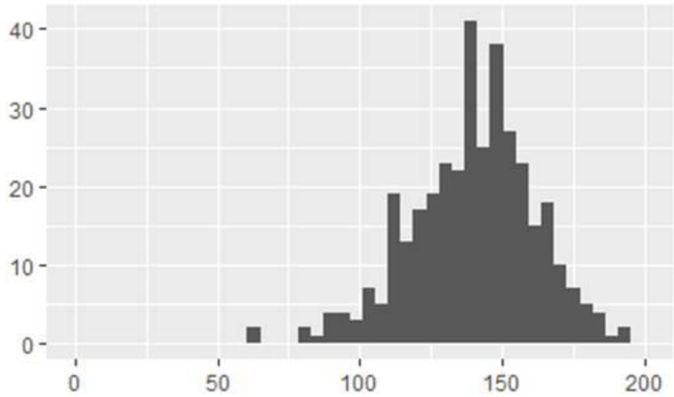
生物（平均・標準偏差）

科目	人数	平均	標準偏差
生物	68	89.41	7.37



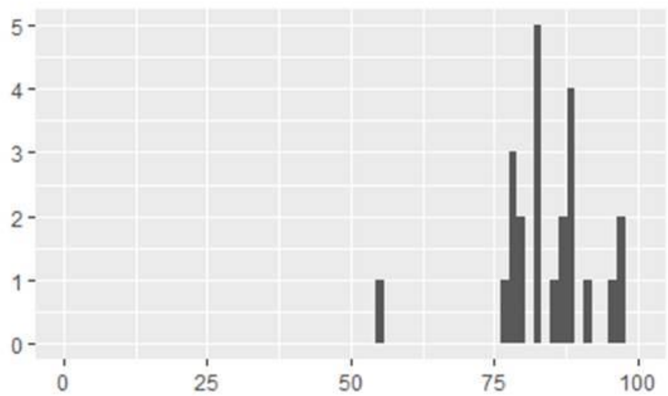
国語（平均・標準偏差）

科目	人数	平均	標準偏差
国語	357	139.80	21.77



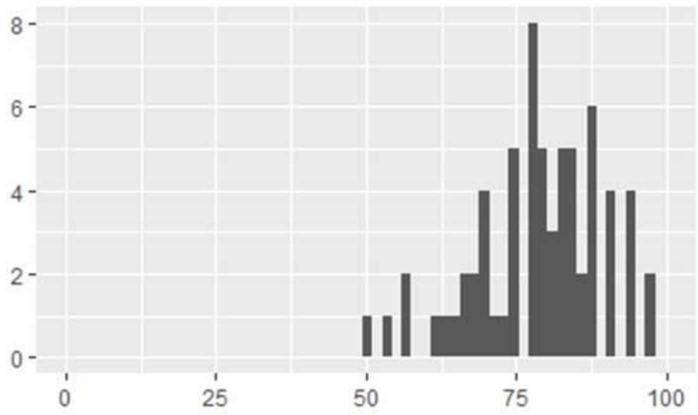
世界史B（平均・標準偏差）

科目	人数	平均	標準偏差
世界史B	23	84.09	8.63



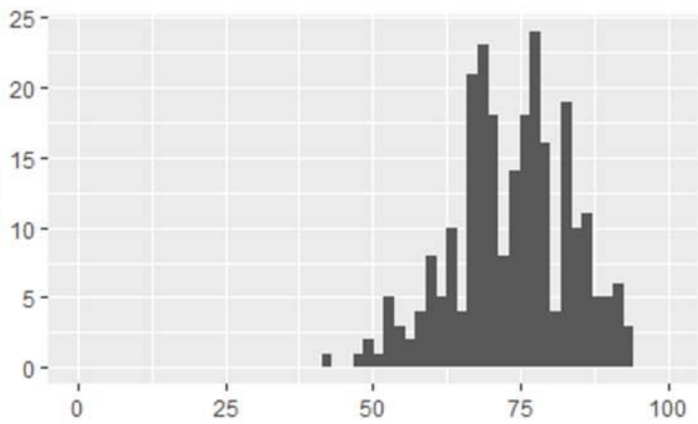
日本史B（平均・標準偏差）

科目	人数	平均	標準偏差
日本史B	66	78.83	10.52



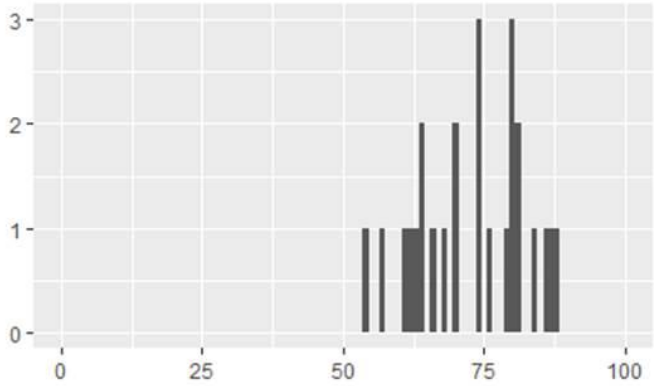
地理B（平均・標準偏差）

科目	人数	平均	標準偏差
地理B	251	73.45	10.01



倫理，政治・経済（平均・標準偏差）

科目	人数	平均	標準偏差
倫理，政治・経済	25	72.92	9.73



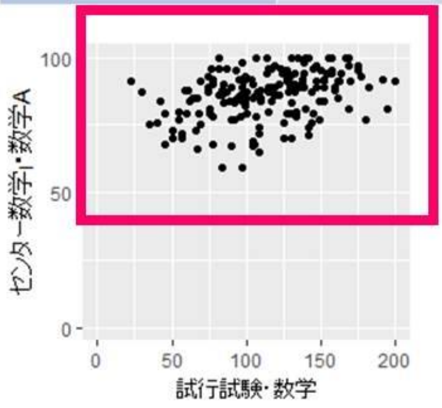
試行試験（数学）の全体得点とセンター試験の相関

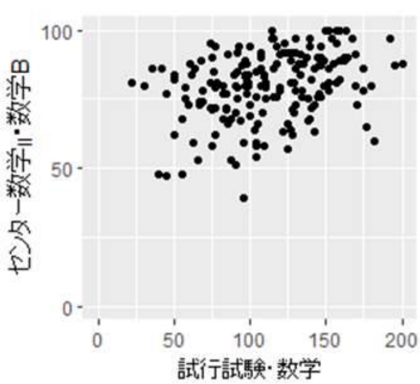
まとめを先に－理系科目－

- 理系科目（数学・理科）と数学の試行テストの得点との間に弱い相関がある
- 切断効果がみられるセンター科目も
  - ➢ ピンク枠のあるもの
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず
  - ➢ 詳細は省略

試行テストの全体得点と、センター数学との相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅰ・数学A	181	$r = .38$	$p < .001$

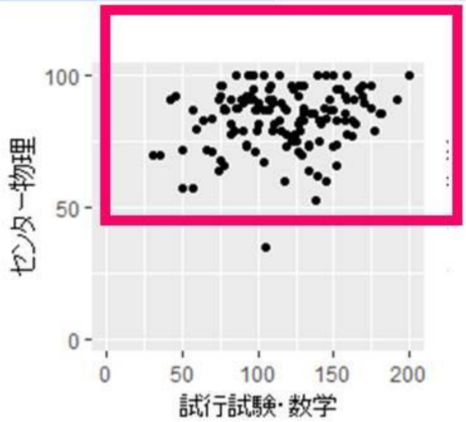




センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	181	$r = .32$	$p < .001$

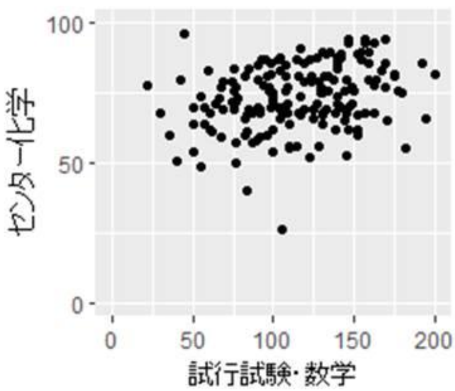
試行テストの全体得点と、センター物理との相関

センター科目	人数	相関	検定
物理	142	$r = .18$	$p < .05$



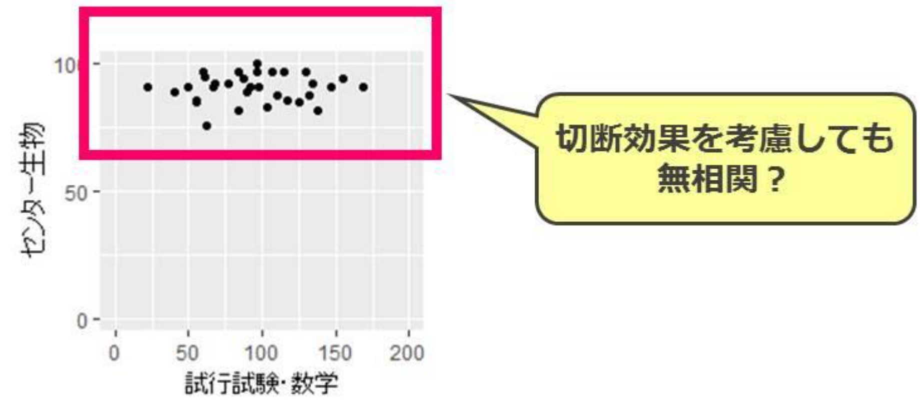
試行テストの全体得点と、センター化学との相関

センター科目	人数	相関	検定
化学	173	$r = .29$	$p < .001$



試行テストの全体得点と、センター生物との相関

センター科目	人数	相関	検定
生物	32	$r = .07$	$p = .71$

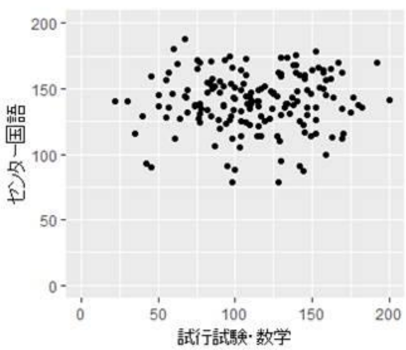


まとめを先に－文系科目－

- **英語のみ，数学の試行テストの得点との間に弱い相関がある**
- **切断効果はみられず**
- **問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず**
  - 詳細は省略

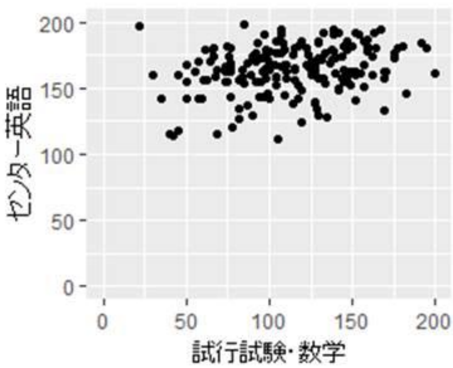
試行テストの全体得点と、センター国語との相関

センター科目	人数	相関	検定
国語	165	$r = .05$	$p = .56$



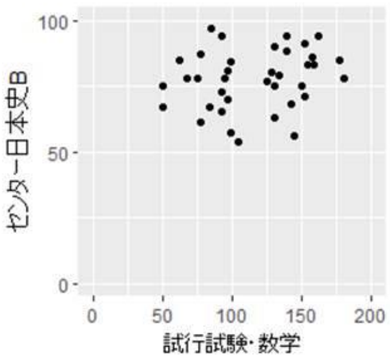
試行テストの全体得点と、センター英語との相関

センター科目	人数	相関	検定
英語	181	$r = .26$	$p < .001$



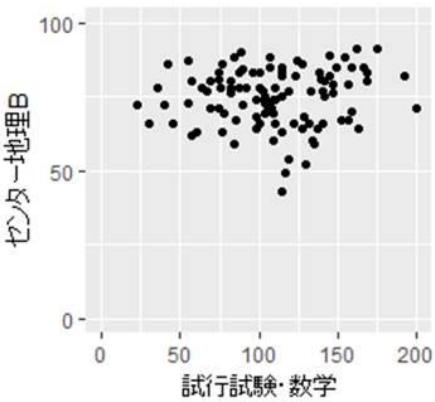
試行テストの全体得点と、センター日本史Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
日本史B	37	r = .20	p = .23



試行テストの全体得点と、センター地理Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
地理B	107	r = .09	p = .34



試行試験（理科）の
全体得点とセンター試験の
相関

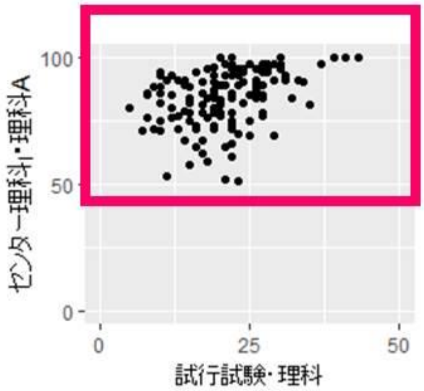
ー選択問題Ⅰ・Ⅱを選んだ場合ー

まとめを先に－理系科目－

- 理系科目（数学・理科）と数学の試行テストの得点との間に**弱い相関**がある
- **切断効果**がみられるセンター科目も
  - ピンク枠のあるもの
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして**影響せず**
  - 詳細は省略

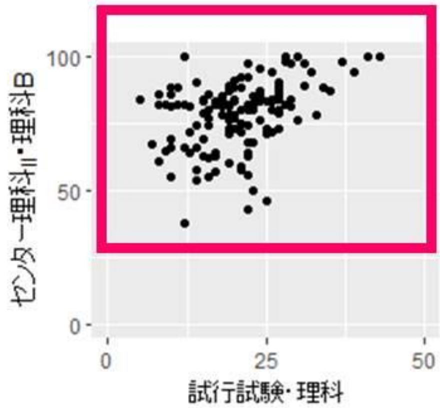
試行テストの全体得点と、センター数学Ⅰ・数学Aとの相関
(選択問題1・2を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅰ・数学A	140	$r = .36$	$p < .001$



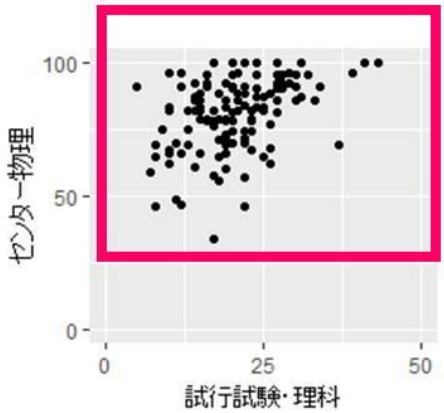
試行テストの全体得点と、センター数学Ⅱ・数学Bとの相関
(選択問題1・2を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	140	$r = .39$	$p < .001$



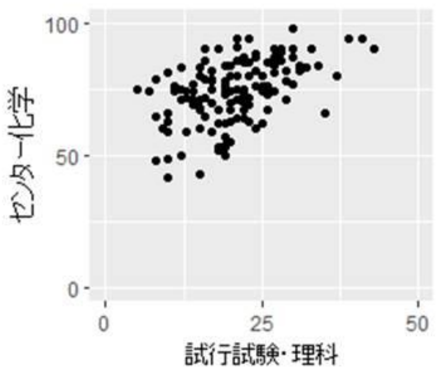
試行テストの全体得点と、センター物理との相関
(選択問題1・2を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
物理	135	$r = .42$	$p < .001$



試行テストの全体得点と、センター化学との相関
(選択問題1・2を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
化学	135	$r = .50$	$p < .001$

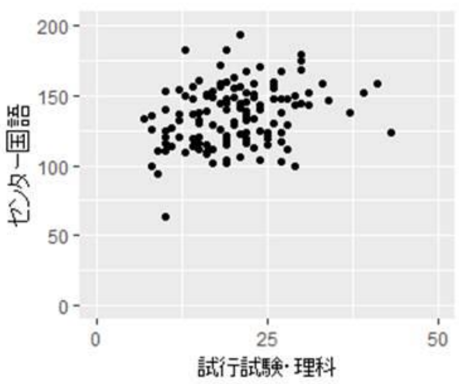


まとめを先に－文系科目－

- **文系科目（国・英・社）において，数学の試行テストの得点との間に弱い相関がある**
- **切断効果がみられるセンター科目も**
  - ピンク枠のあるもの
- **問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず**
  - 詳細は省略

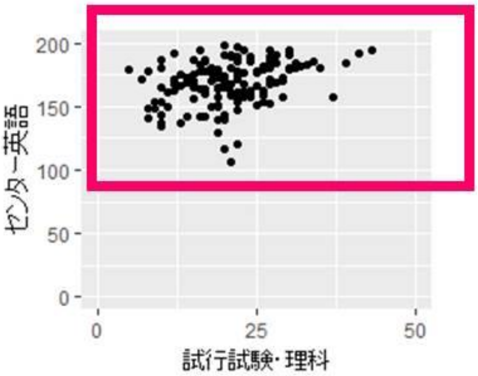
試行テストの全体得点と、センター国語との相関
(選択問題1・2を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
国語	130	$r = .29$	$p < .001$



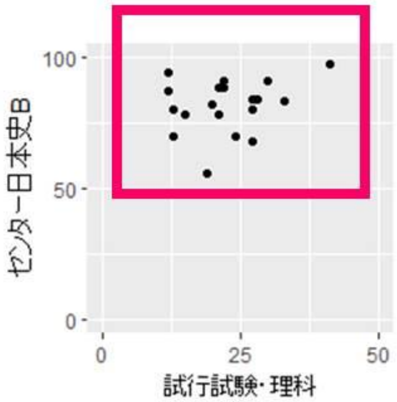
試行テストの全体得点と、センター英語との相関
(選択問題1・2を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
英語	140	$r = .33$	$p < .001$



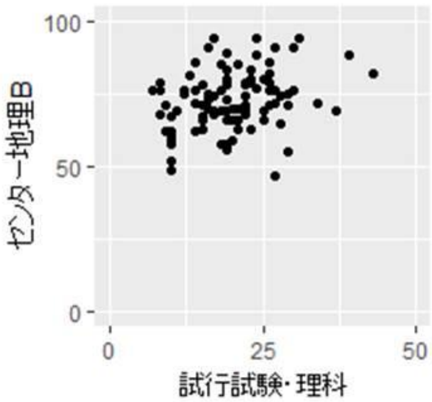
試行テストの全体得点と、センター日本史Bとの相関
(選択問題1・2を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
日本史B	19	$r = .25$	$p = .30$



試行テストの全体得点と、センター地理Bとの相関(選択問題1・2を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
地理B	99	$r = .30$	$p < .001$



試行試験（理科）の全体得点とセンター試験の相関

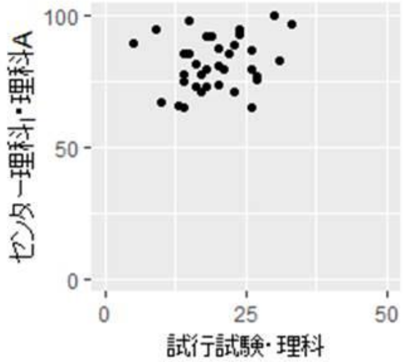
ー選択問題Ⅱ・Ⅲを選んだ場合ー

まとめを先に－理系科目－

- 理系科目（生物）と数学の試行テストの得点との間に**弱い相関**がある
- **切断効果**がみられるセンター科目も
  - ➢ ピンク枠のあるもの
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして**影響せず**
  - ➢ 詳細は省略

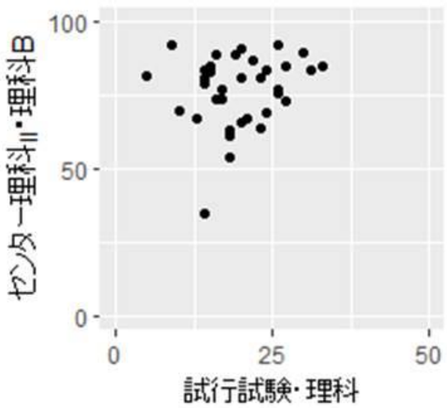
試行テストの全体得点と、センター数学Ⅰ・数学Aとの相関
(選択問題2・3を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅰ・数学A	36	$r = .21$	$p = .23$



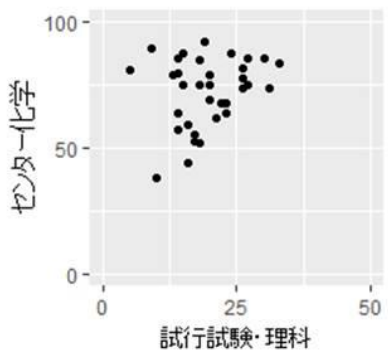
試行テストの全体得点と、センター数学Ⅱ・数学Bとの相関
(選択問題2・3を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	36	$r = .16$	$p = .35$



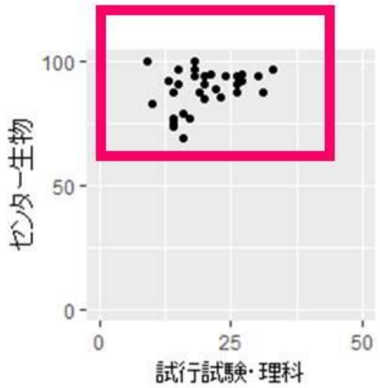
試行テストの全体得点と、センター化学との相関
(選択問題2・3を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
化学	34	$r = .24$	$p = .18$



試行テストの全体得点と、センター生物との相関
(選択問題2・3を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
生物	32	$r = .34$	$p < .10$

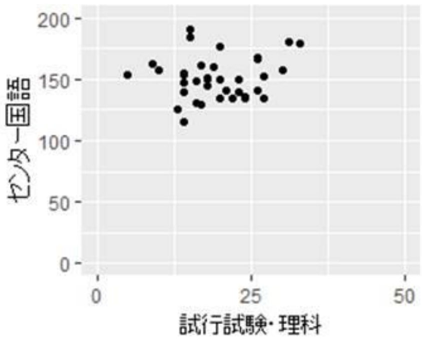


まとめを先に－文系科目－

- 文系科目（英・地理）において，数学の試行テストの得点との間に**弱い相関**がある
- **切断効果**はみられず
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして**影響せず**
  - 詳細は省略

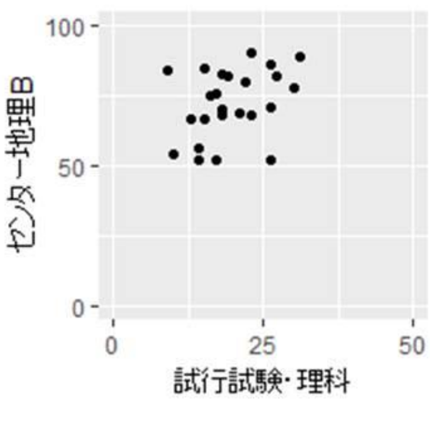
試行テストの全体得点と、センター国語との相関 (選択問題2・3を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
国語	36	$r = .14$	$p = .41$



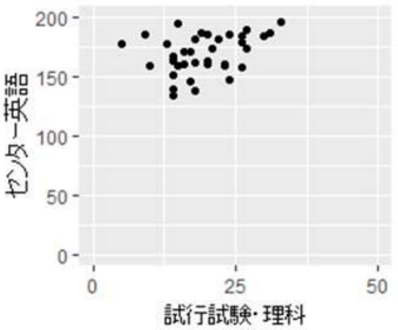
試行テストの全体得点と、センター地理Bとの相関 (選択問題2・3を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
地理B	24	$r = .36$	$p < .10$



試行テストの全体得点と、センター英語との相関
(選択問題2・3を選んだ場合)

センター科目	人数	相関	検定
英語	36	$r = .33$	$p < .10$



試行試験（数学）の各大問とセンター試験の相関

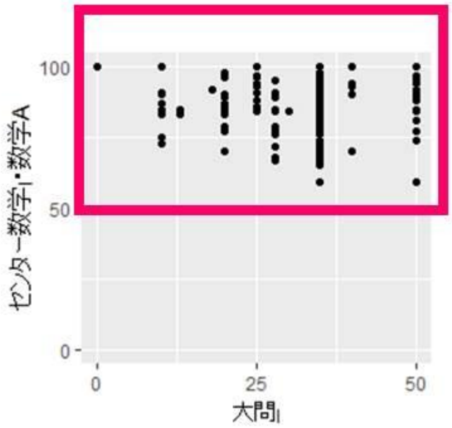
大問Ⅰ

まとめを先に－理系科目－

- 理系科目と大問Ⅰの得点との間には**相関はみられない**
- **切断効果**によるかも
  - ピンク枠のあるもの
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして**影響せず**
  - 詳細は省略

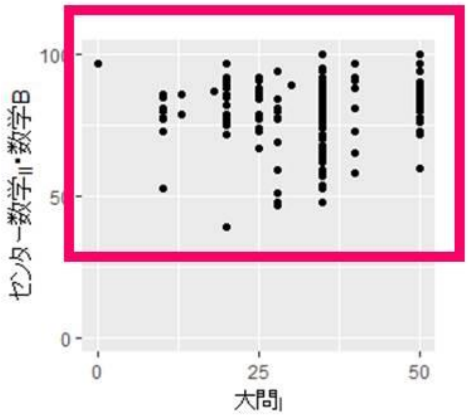
数学試行テストの大問Ⅰと、センター数学Ⅰ・数学Aとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅰ・数学A	183	$r = .07$	$p = .31$



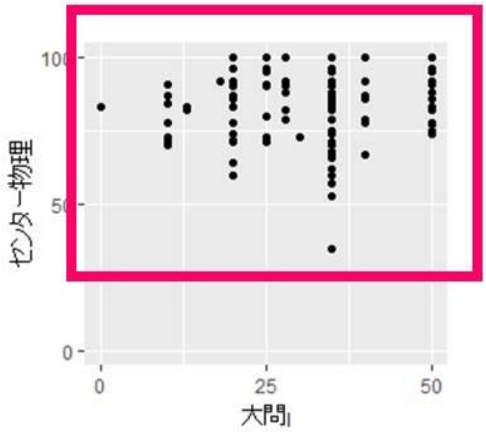
数学試行テストの大問Ⅰと、センター数学Ⅱ・数学Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	183	$r = .08$	$p = .27$



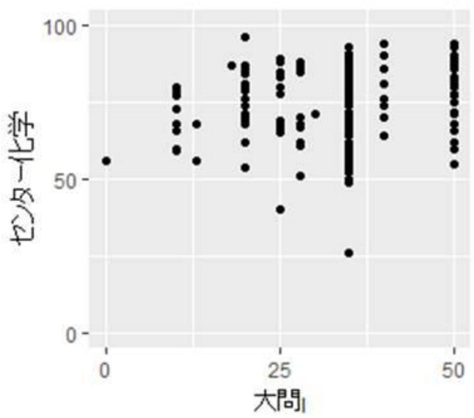
数学試行テストの大問Ｉと、センター物理との相関

センター科目	人数	相関	検定
物理	144	$r = .14$	$p < .10$



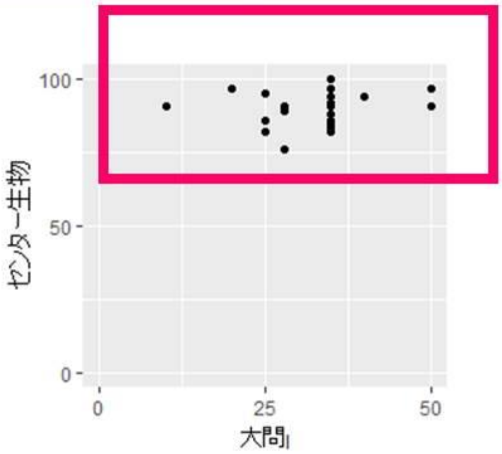
数学試行テストの大問Ｉと、センター化学との相関

センター科目	人数	相関	検定
化学	175	$r = .16$	$p < .05$



数学試行テストの大問Ｉと、センター生物との相関

センター科目	人数	相関	検定
生物	32	$r = .07$	$p = .69$

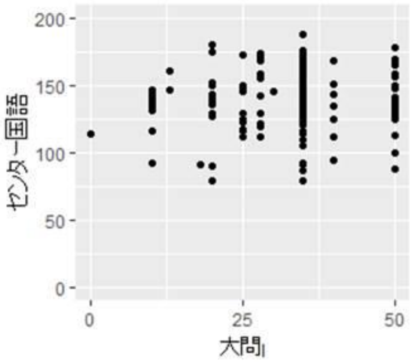


まとめを先に－文系科目－

- 文系科目（英・地理）において，大問Ｉの試行テストの得点との間に弱い相関がある
- 切断効果はみられず
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず
  - 詳細は省略

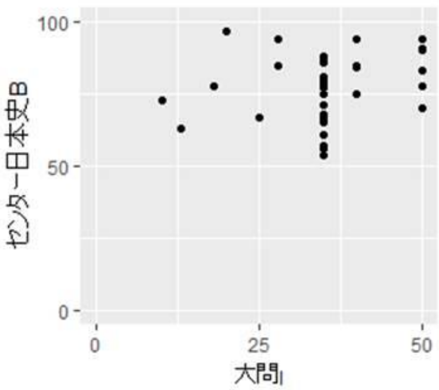
数学試行テストの大問Ｉと、センター国語との相関

センター科目	人数	相関	検定
国語	167	$r = .11$	$p = .15$



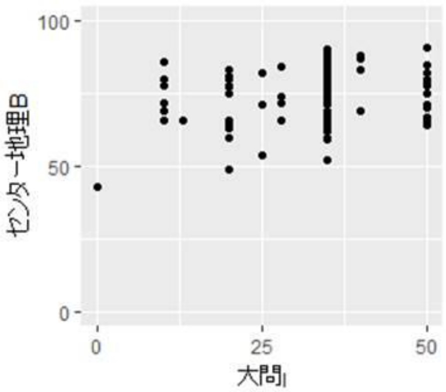
数学試行テストの大問Ｉと、センター日本史Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
日本史B	38	$r = .23$	$p = .17$



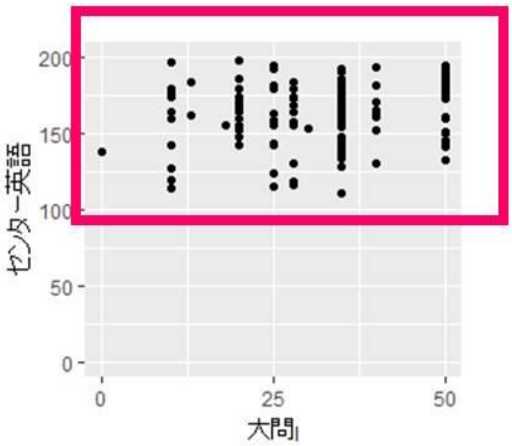
数学試行テストの大問Ｉと、センター地理Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
地理B	108	$r = .23$	$p < .05$



数学試行テストの大問Ｉと、センター英語との相関

センター科目	人数	相関	検定
英語	183	$r = .18$	$p < .05$



試行試験（数学）の各大問とセンター試験の相関

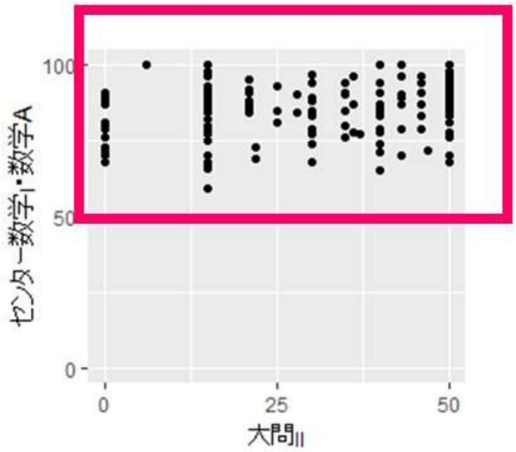
大問Ⅱ

まとめを先に－理系科目－

- 数学・化学と大問Ⅱの得点との間に**弱い相関がある**
- **切断効果**もみられる
  - ピンク枠のあるもの
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして**影響せず**
  - 詳細は省略

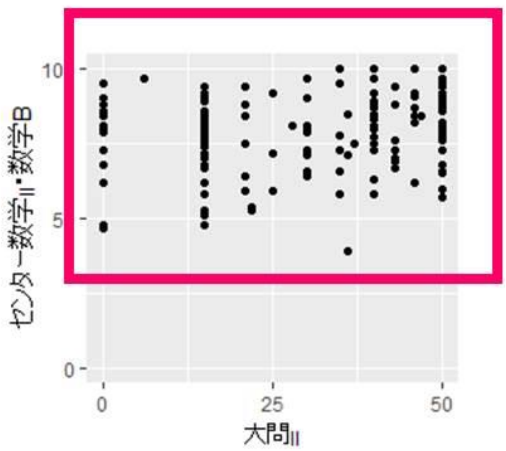
数学試行テストの大問Ⅱと、センター数学Ⅰ・数学Aとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅰ・数学A	183	$r = .31$	$p < .001$



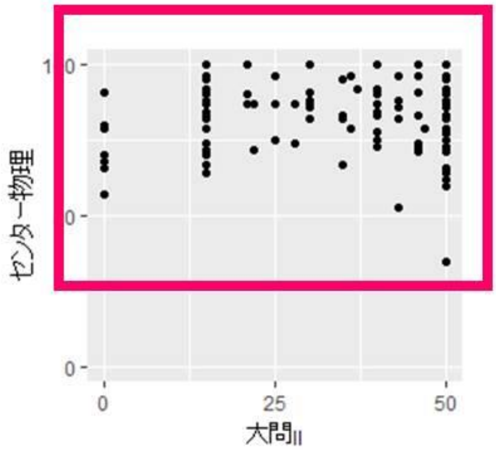
数学試行テストの大問Ⅱと、センター数学Ⅱ・数学Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	183	$r = .24$	$p < .001$



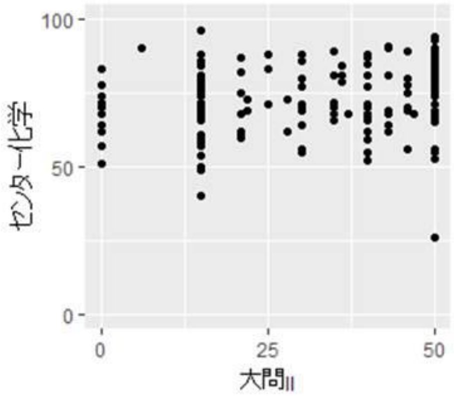
数学試行テストの大問Ⅱと、センター物理との相関

センター科目	人数	相関	検定
物理	144	r = .09	p = .29



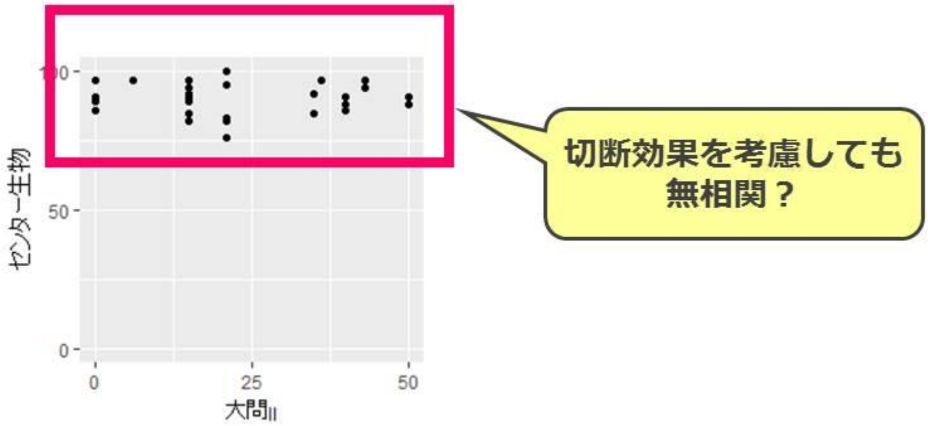
数学試行テストの大問Ⅱと、センター化学との相関

センター科目	人数	相関	検定
化学	175	r = .23	p < .001



数学試行テストの大問Ⅱと、センター生物との相関

センター科目	人数	相関	検定
生物	32	r = -.02	p = .89

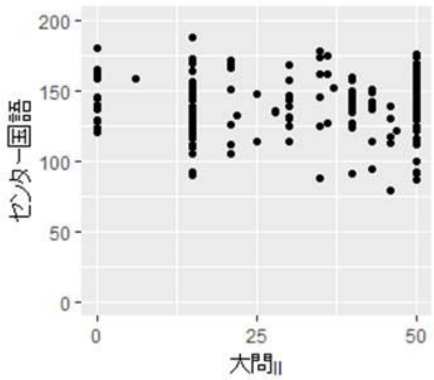


まとめを先に－文系科目－

- **英語において，大問Ⅱの得点との間に弱い相関がある**
- **切断効果による無相関かも**
  - 英語
- **問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず**
  - 詳細は省略

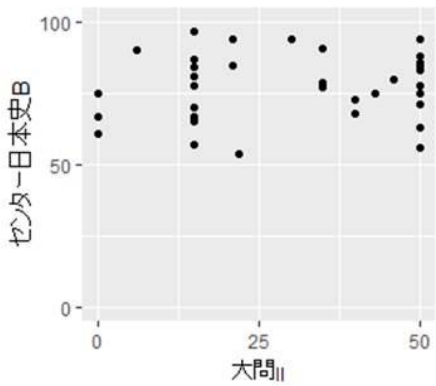
数学試行テストの大問Ⅱと、センター国語との相関

センター科目	人数	相関	検定
国語	167	$r = -.07$	$p = .40$



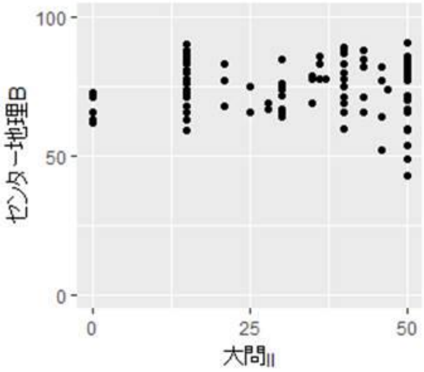
数学試行テストの大問Ⅱと、センター日本史Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
日本史B	38	$r = .11$	$p = .50$



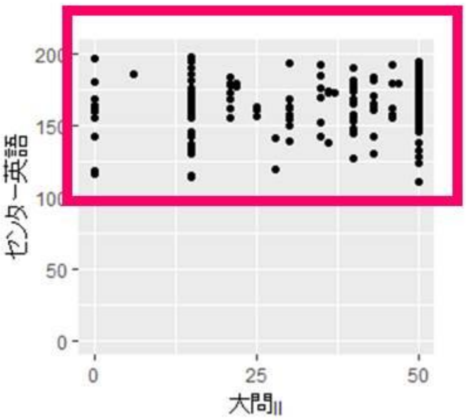
数学試行テストの大問Ⅱと、センター地理Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
地理B	108	$r = .01$	$p = .91$



数学試行テストの大問Ⅱと、センター英語との相関

センター科目	人数	相関	検定
英語	183	$r = .18$	$p < .05$



試行試験（数学）の各大問とセンター試験の相関

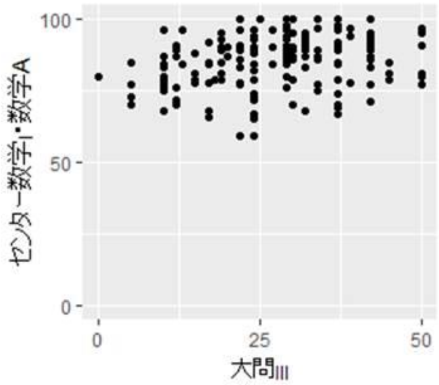
大問Ⅲ

まとめを先に－理系科目－

- 数学・化学と大問Ⅲの得点との間に弱い相関がある
- 切断効果もみられる
  - ピンク枠のあるもの
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず
  - 詳細は省略

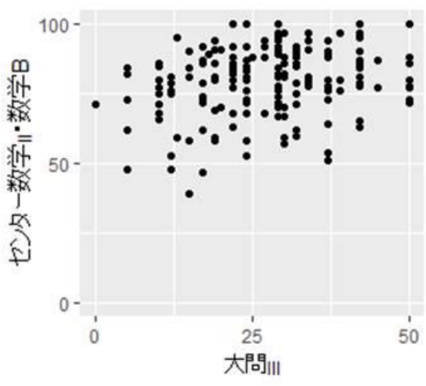
数学試行テストの大問Ⅲと、センター数学Ⅰ・数学Aとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅰ・数学A	183	$r = .31$	$p < .001$



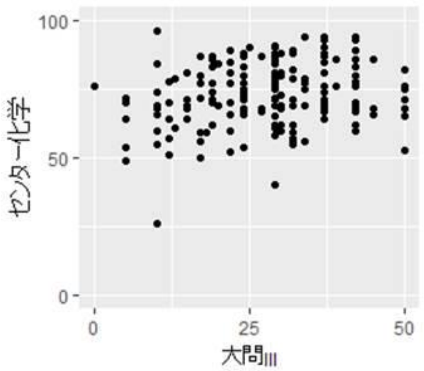
数学試行テストの大問Ⅲと、センター数学Ⅱ・数学Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	183	$r = .27$	$p < .001$



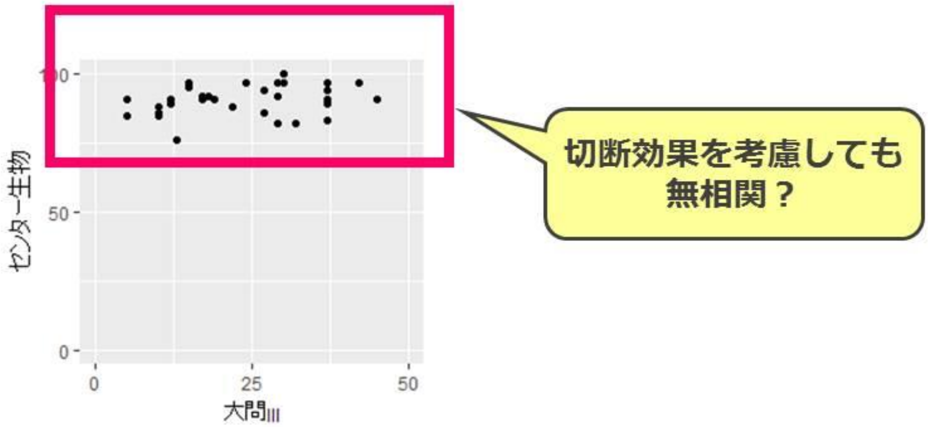
数学試行テストの大問Ⅲと、センター化学との相関

センター科目	人数	相関	検定
化学	175	$r = .23$	$p < .001$



数学試行テストの大問Ⅲと、センター生物との相関

センター科目	人数	相関	検定
生物	32	$r = .26$	$p = .16$



まとめを先に－文系科目－

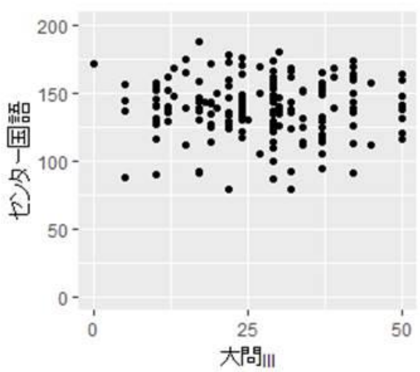
- 英語において，大問Ⅲの得点との間に弱い相関がある

- 切断効果により相関が弱まっている可能性も
  - ➢ 英語

- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず
  - ➢ 詳細は省略

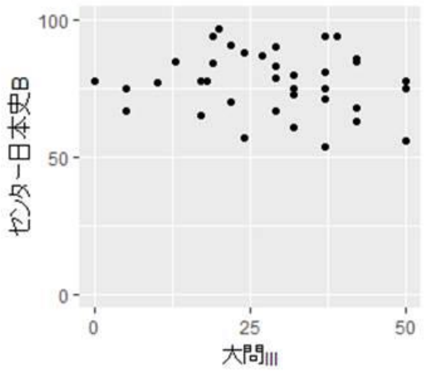
数学試行テストの大問Ⅲと、センター国語との相関

センター科目	人数	相関	検定
国語	167	$r = .00$	$p = .99$



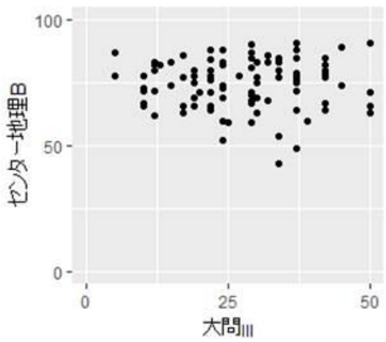
数学試行テストの大問Ⅲと、センター日本史Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
日本史B	38	*r* = -.13	*p* = .43



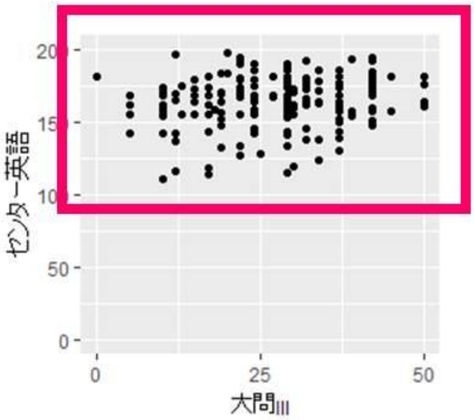
数学試行テストの大問Ⅲと、センター地理Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
地理B	108	*r* = .01	*p* = .93



数学試行テストの大問Ⅲと、センター英語との相関

センター科目	人数	相関	検定
英語	183	$r = .18$	$p < .05$



試行試験（数学）の各大問とセンター試験の相関

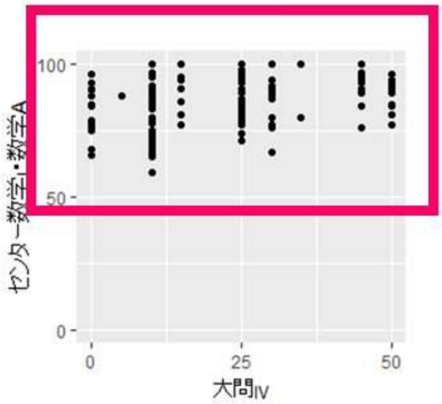
大問Ⅳ

まとめを先に－理系科目－

- 生物を除き，大問Ⅳの得点との間に弱い相関がある
- 切断効果もみられる
  - ピンク枠のあるもの
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず
  - 詳細は省略

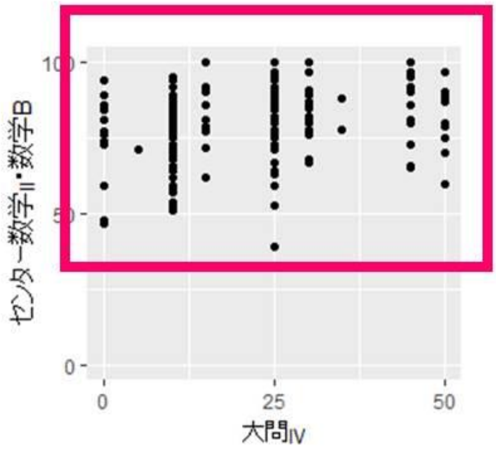
数学試行テストの大問Ⅳと、センター数学Ⅰ・数学Aとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅰ・数学A	181	$r = .28$	$p < .001$



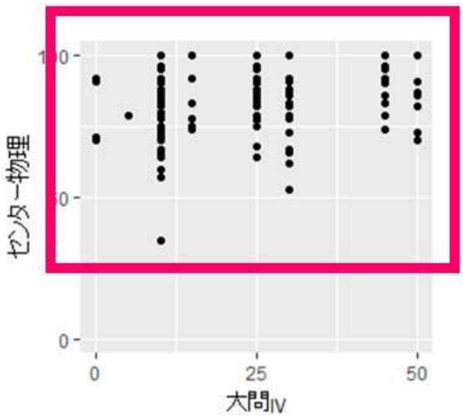
数学試行テストの大問Ⅳと、センター数学Ⅱ・数学Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	181	$r = .29$	$p < .001$



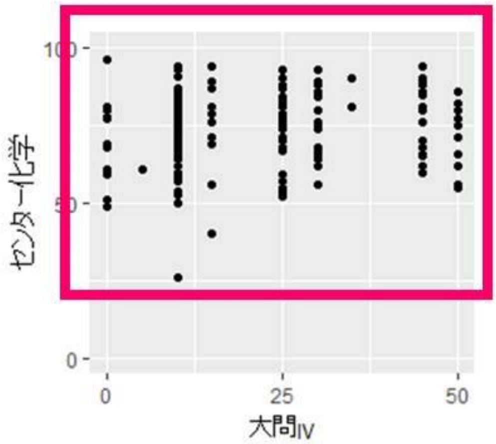
数学試行テストの大問Ⅳと、センター物理との相関

センター科目	人数	相関	検定
物理	142	$r = .21$	$p < .05$



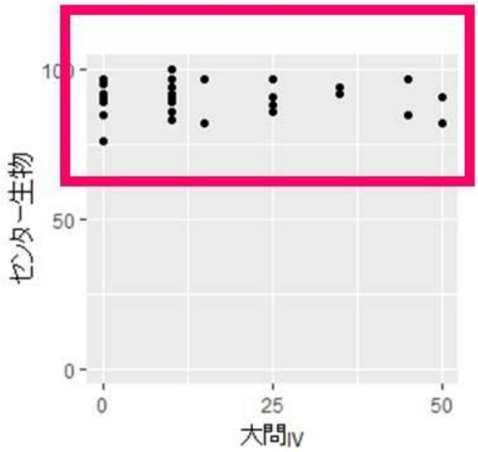
数学試行テストの大問Ⅳと、センター化学との相関

センター科目	人数	相関	検定
化学	173	$r = .18$	$p < .05$



数学試行テストの大問Ⅳと、センター生物との相関

センター科目	人数	相関	検定
生物	32	$r = -.05$	$p = .78$



切断効果を考慮しても無相関？

まとめを先に－文系科目－

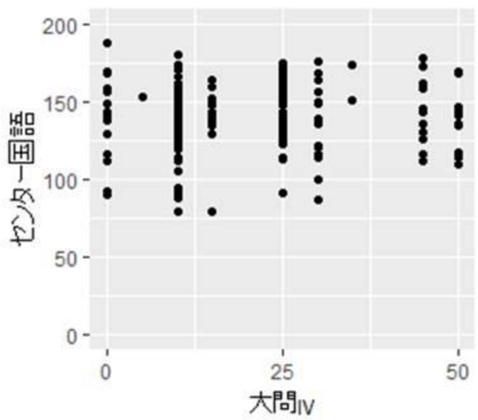
- 英語と日本史Bにおいて，大問Ⅳの得点との間に**弱い相関**がある

- **切断効果**により相関が弱まっている可能性も
  - ➢ 英語

- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして**影響せず**
  - ➢ 詳細は省略

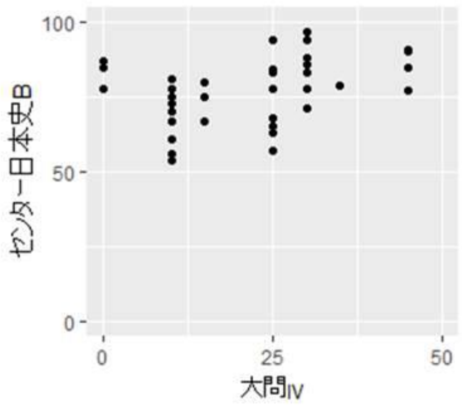
数学試行テストの大問Ⅳと、センター国語との相関

センター科目	人数	相関	検定
国語	165	$r = .09$	$p = .24$



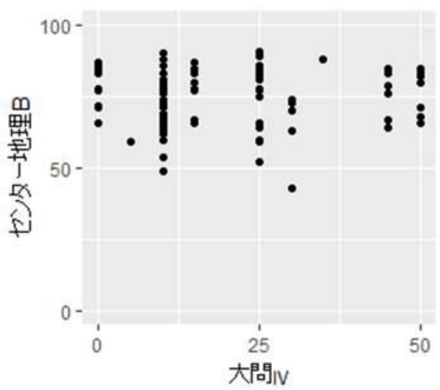
数学試行テストの大問Ⅳと、センター日本史Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
日本史B	37	r = .37	p < .05



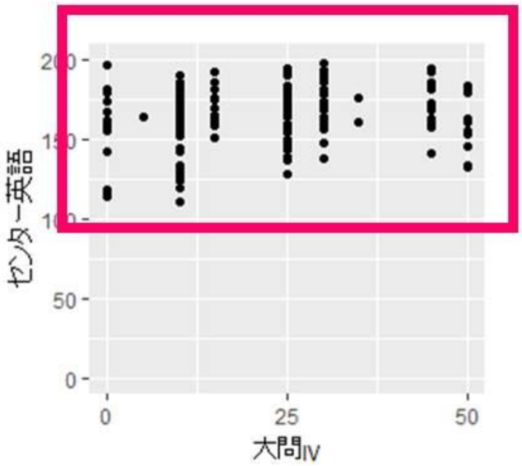
数学試行テストの大問Ⅳと、センター地理Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
地理B	107	r = .05	p = .60



数学試行テストの大問Ⅳと、センター英語との相関

センター科目	人数	相関	検定
英語	181	$r = .19$	$p < .05$



試行試験（理科）の
各大問とセンター試験の
相関

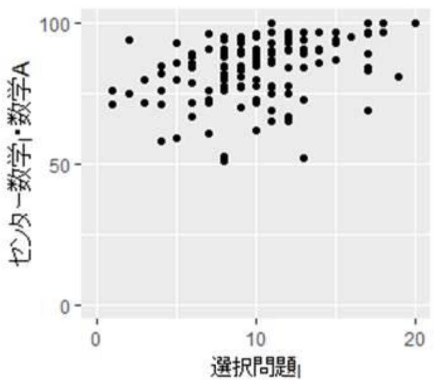
選択問題Ⅰ

まとめを先に－理系科目－

- 生物を除き，選択問題Ⅰの得点との間に**弱い相関がある**
- **切断効果**もみられる
  - ➢ 数学・物理
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして**影響せず**
  - ➢ 詳細は省略

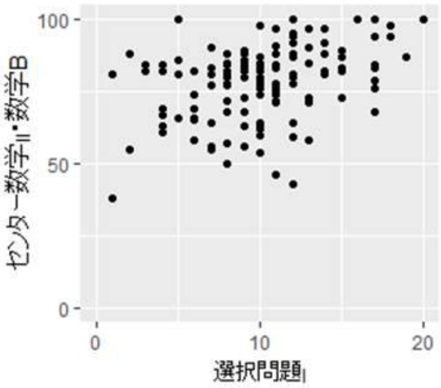
理科試行テストの選択問題Ⅰと、センター数学Ⅰ・数学Aとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅰ・数学A	143	$r = .34$	$p < .001$



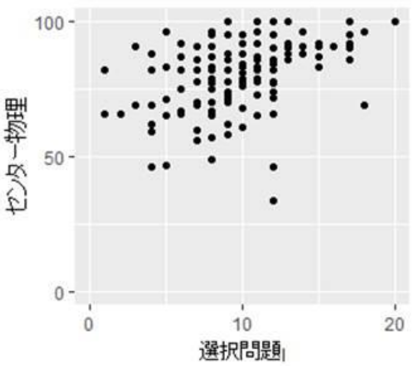
理科試行テストの選択問題Ⅰと、センター数学Ⅱ・数学Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	143	$r = .36$	$p < .001$



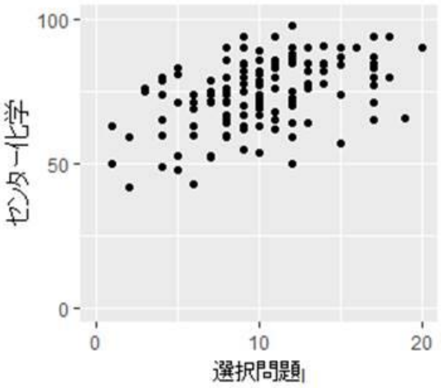
理科試行テストの選択問題Ⅰと、センター物理との相関

センター科目	人数	相関	検定
物理	138	$r = .43$	$p < .001$



理科試行テストの選択問題Ⅰと、センター化学との相関

センター科目	人数	相関	検定
化学	138	$r = .46$	$p < .001$

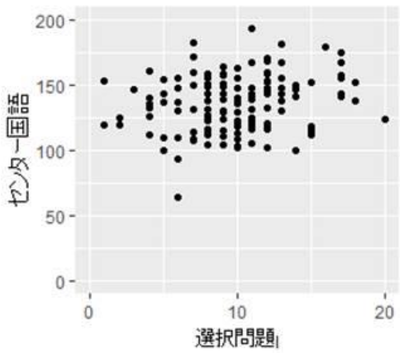


まとめを先に－文系科目－

- 英語と地理において，選択問題Ⅰの得点との間に弱い相関がある
- 切断効果により相関が弱まっている可能性も
  - 英語
- 問題解決型授業の有無が，一部の相関のパターンに影響を及ぼす

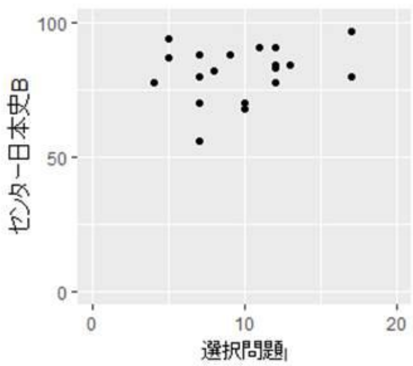
理科試行テストの選択問題Ｉと、センター国語との相関

センター科目	人数	相関	検定
国語	133	$r = .21$	$p < .05$



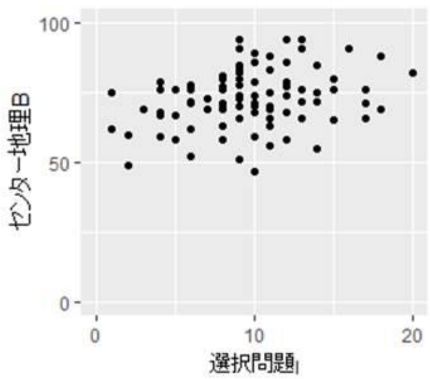
理科試行テストの選択問題Ｉと、センター日本史Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
日本史B	19	$r = .23$	$p = .35$



理科試行テストの選択問題Ⅰと、センター地理Bとの相関

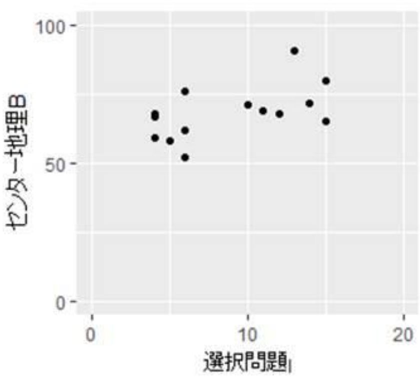
センター科目	人数	相関	検定
地理B	101	$r = .30$	$p < .001$



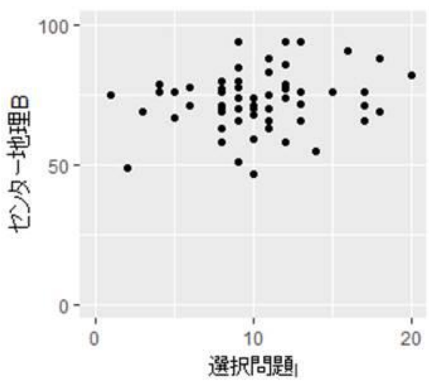
理科試行テストの選択問題Ⅰと、センター地理Bとの相関
（問題解決型授業の有無による比較）

		はい	いいえ
地理B	相関	$r = .60$	$r = .20$
	検定	$p < .05$	$p = .12$

はい

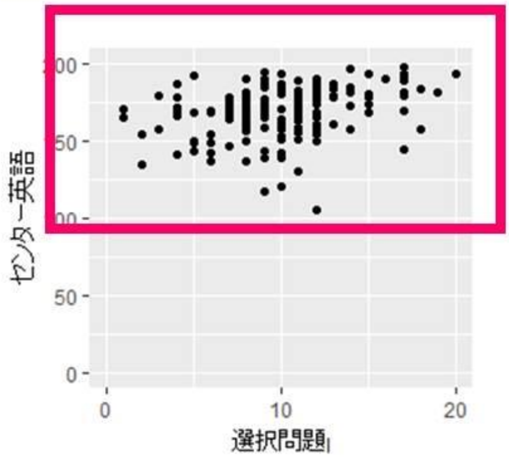


いいえ



理科試行テストの選択問題Ⅰと、センター英語との相関

センター科目	人数	相関	検定
英語	143	$r = .31$	$p < .001$



試行試験（理科）の各大問とセンター試験の相関

選択問題Ⅱ

まとめを先に－理系科目－

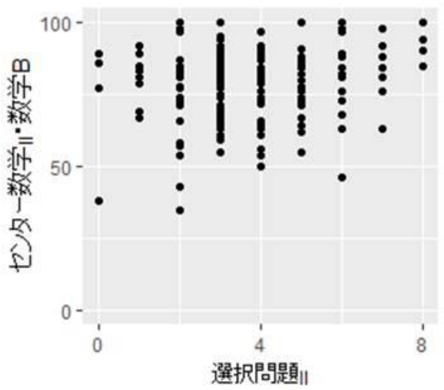
- 生物を除き，選択問題Ⅱの得点との間に**弱い相関がある**

- **切断効果**もみられる
  - 数学・物理・生物

- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして**影響せず**
  - 詳細は省略

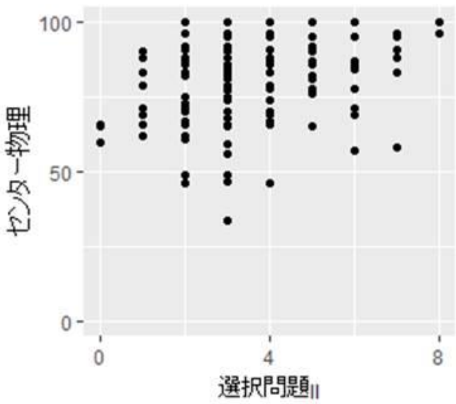
理科試行テストの選択問題Ⅱと、センター数学Ⅱ・数学Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	180	$r = .19$	$p < .05$



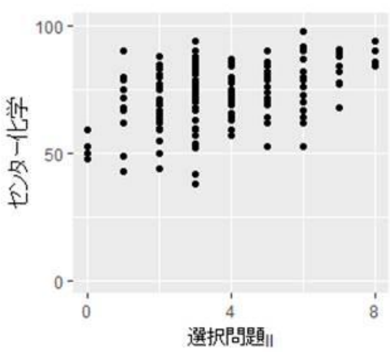
理科試行テストの選択問題Ⅱと、センター物理との相関

センター科目	人数	相関	検定
物理	140	$r = .28$	$p < .001$



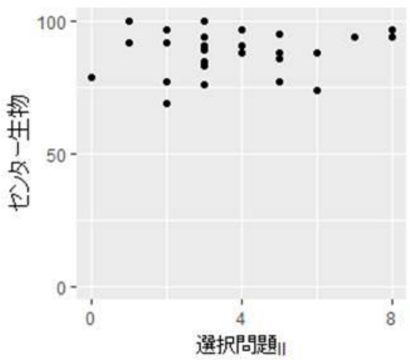
理科試行テストの選択問題Ⅱと、センター化学との相関

センター科目	人数	相関	検定
化学	172	$r = .37$	$p < .001$



理科試行テストの選択問題Ⅱと、センター生物との相関

センター科目	人数	相関	検定
生物	32	r = .17	p = .37



まとめを先に－文系科目－

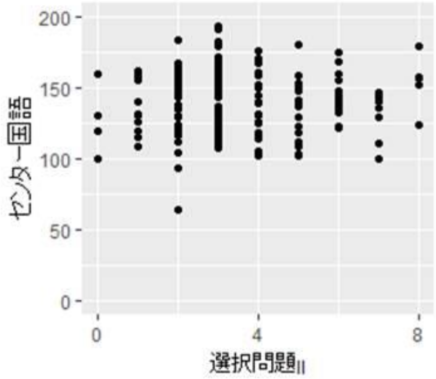
- **英語と日本史Bにおいて，選択問題Ⅱの得点との間に弱い相関がある**

- **切断効果により相関が弱まっている可能性も**
  - ➢ 英語

- **問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず**
  - ➢ 詳細は省略

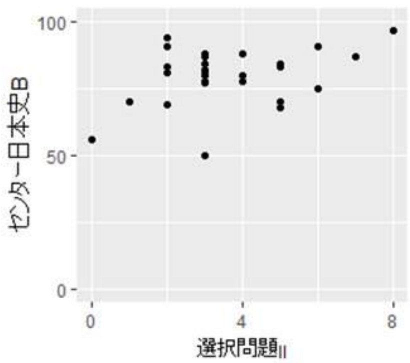
理科試行テストの選択問題Ⅱと、センター国語との相関

センター科目	人数	相関	検定
国語	170	$r = .08$	$p = .32$



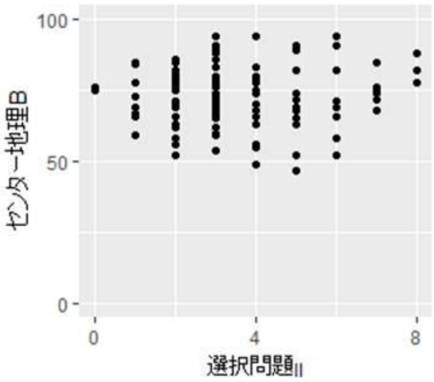
理科試行テストの選択問題Ⅱと、センター日本史Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
日本史B	27	$r = .37$	$p < .10$



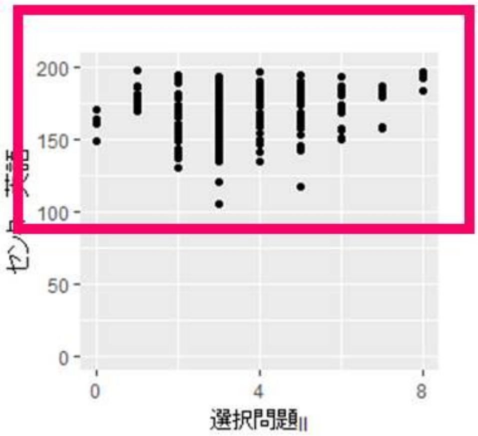
理科試行テストの選択問題Ⅱと、センター地理Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
地理B	126	$r = .04$	$p = .64$



理科試行テストの選択問題Ⅱと、センター英語との相関

センター科目	人数	相関	検定
英語	180	$r = .18$	$p < .05$



試行試験（理科）の各大問とセンター試験の相関

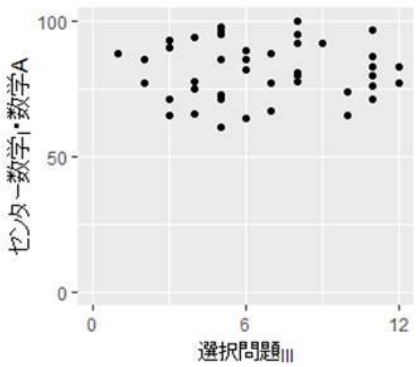
選択問題Ⅲ

まとめを先に －理系科目－

- 生物と選択問題Ⅲの得点との間に**弱い相関がある**
- **切断効果**もみられる
  - 生物
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして**影響せず**
  - 詳細は省略

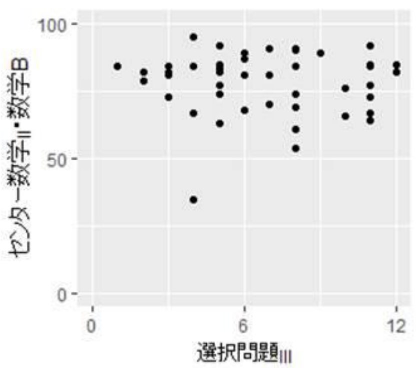
理科試行テストの選択問題Ⅲと、センター数学Ⅰ・数学Aとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅰ・数学A	45	$r = .01$	$p = .96$



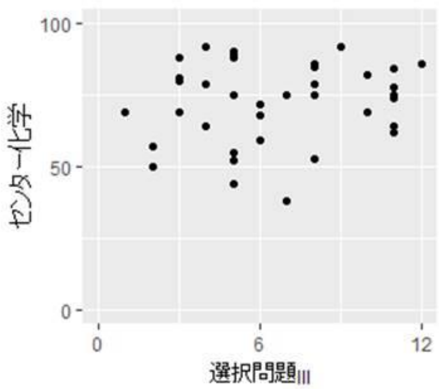
理科試行テストの選択問題Ⅲと、センター数学Ⅱ・数学Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	45	$r = -.02$	$p = .88$



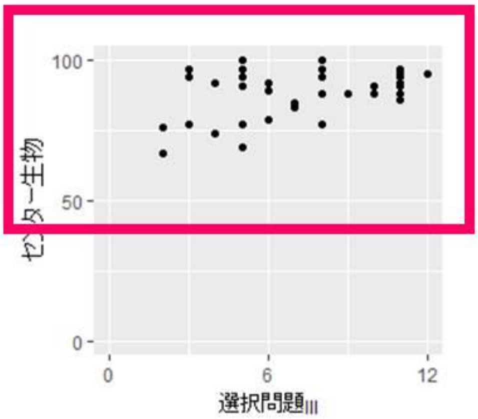
理科試行テストの選択問題Ⅲと、センター化学との相関

センター科目	人数	相関	検定
化学	40	$r = .16$	$p = .32$



理科試行テストの選択問題Ⅲと、センター生物との相関

センター科目	人数	相関	検定
生物	35	$r = .40$	$p < .05$

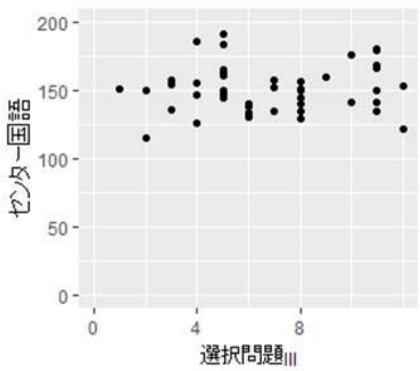


まとめを先に－文系科目－

- いずれの科目も選択問題Ⅲの得点との間に**相関はみられない**
- **切断効果**により相関が弱まっている可能性も
  - ➢ 英語
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして**影響せず**
  - ➢ 詳細は省略

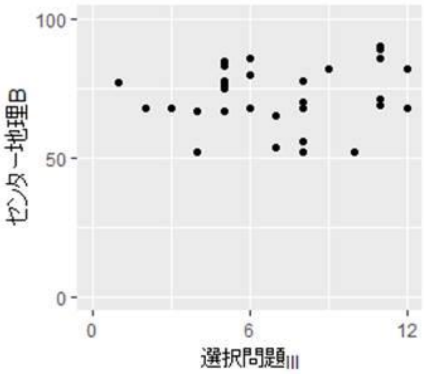
理科試行テストの選択問題Ⅲと、センター国語との相関

センター科目	人数	相関	検定
国語	45	$r = .07$	$p = .66$



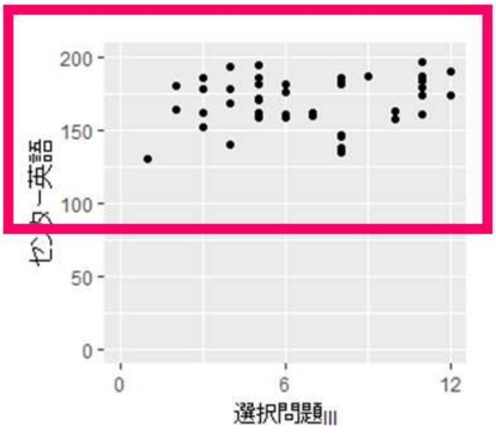
理科試行テストの選択問題Ⅲと、センター地理Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
地理B	31	*r* = .11	*p* = .57



理科試行テストの選択問題Ⅲと、センター英語との相関

センター科目	人数	相関	検定
英語	45	*r* = .20	*p* = .18



試行試験（理科）の各大問とセンター試験の相関

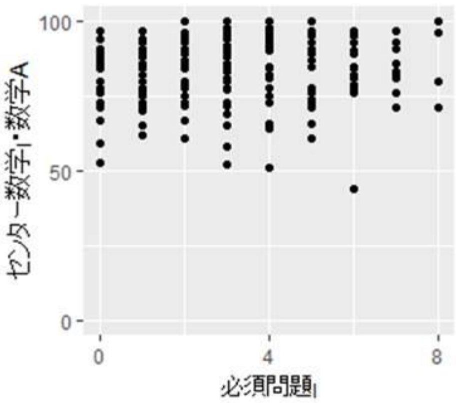
必須問題Ⅰ

まとめを先に－理系科目－

- 数Ⅱ・B，物理と必須問題Ⅰの得点との間に弱い相関がある
- 切断効果もみられる
  - 全科目
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず
  - 詳細は省略

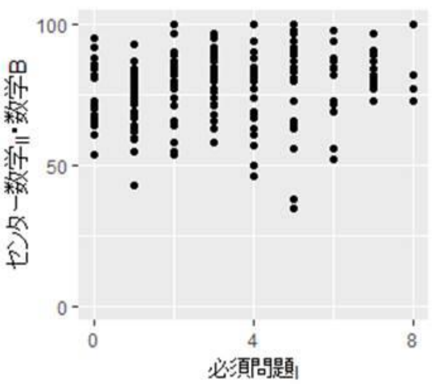
理科試行テストの必須問題Ｉと、センター数学Ｉ・数学Aとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ｉ・数学A	201	$r = .09$	$p = .22$



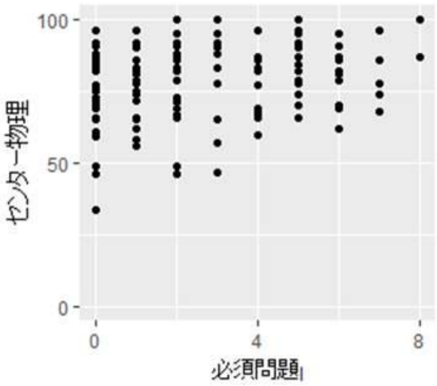
理科試行テストの必須問題Ｉと、センター数学Ⅱ・数学Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	201	$r = .16$	$p < .05$



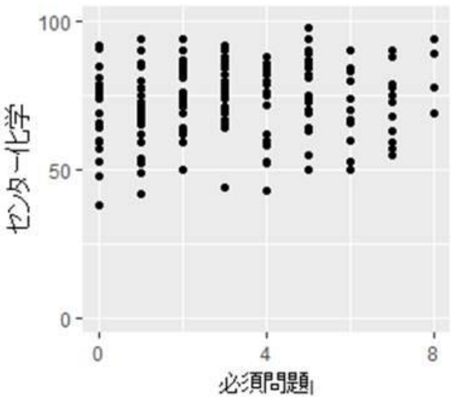
理科試行テストの必須問題Ⅰと、センター物理との相関

センター科目	人数	相関	検定
物理	153	$r = .21$	$p < .05$



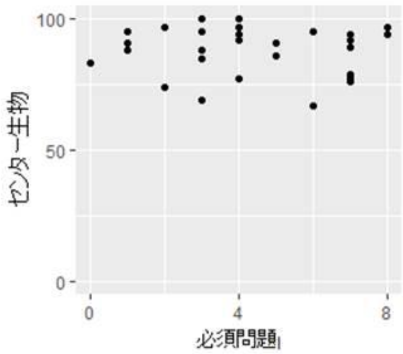
理科試行テストの必須問題Ⅰと、センター化学との相関

センター科目	人数	相関	検定
化学	189	$r = .10$	$p = .15$



理科試行テストの必須問題Ｉと、センター生物との相関

センター科目	人数	相関	検定
生物	36	r = -.02	p = .91



まとめを先に－文系科目－

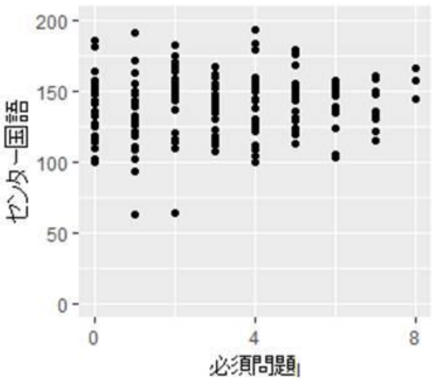
- 英語と必須問題Ｉの得点との間に**弱い相関がみられる**

- **切断効果**により相関が弱まっている可能性も
  - ➢ 英語

- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして**影響せず**
  - ➢ 詳細は省略

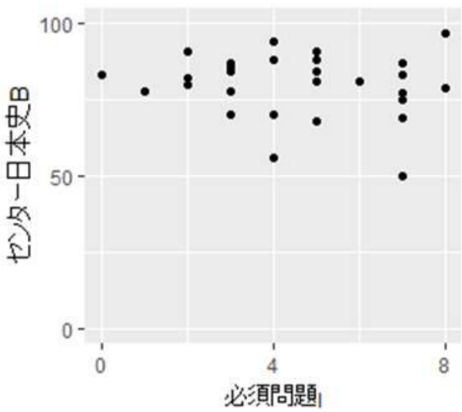
理科試行テストの必須問題Ｉと、センター国語との相関

センター科目	人数	相関	検定
国語	191	$r = .12$	$p < .10$



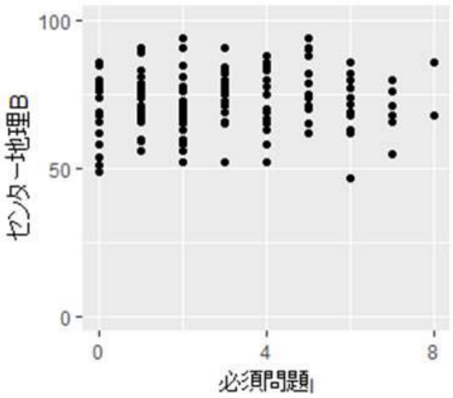
理科試行テストの必須問題Ｉと、センター日本史Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
日本史B	29	$r = -.12$	$p = .55$



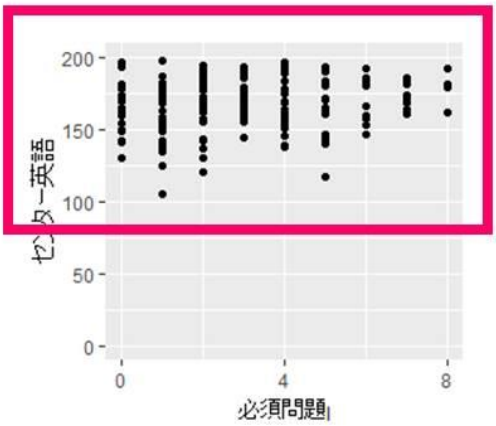
理科試行テストの必須問題Ｉと、センター地理Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
地理B	143	$r = .13$	$p = .12$



理科試行テストの必須問題Ｉと、センター英語との相関

センター科目	人数	相関	検定
英語	201	$r = .18$	$p < .05$



試行試験（理科）の各大問とセンター試験の相関

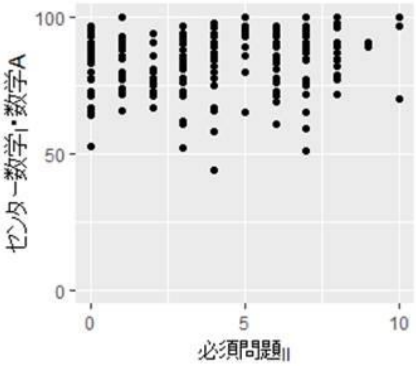
必須問題Ⅱ

まとめを先に－理系科目－

- 数学，化学と必須問題Ⅱの得点との間に弱い相関がある
- 切断効果もみられる
  - 全科目
- 問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず
  - 詳細は省略

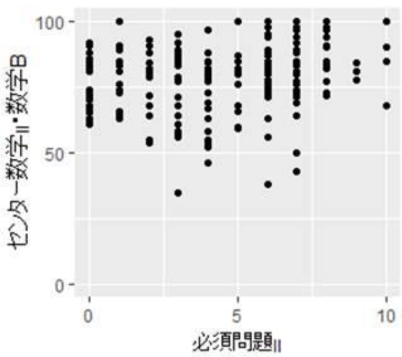
理科試行テストの必須問題Ⅱと、センター数学Ⅰ・数学Aとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅰ・数学A	201	$r = .20$	$p < .001$



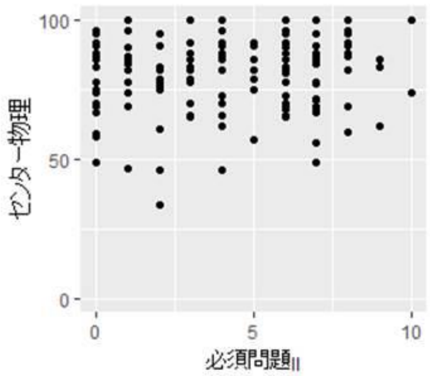
理科試行テストの必須問題Ⅱと、センター数学Ⅱ・数学Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
数学Ⅱ・数学B	201	$r = .18$	$p < .05$



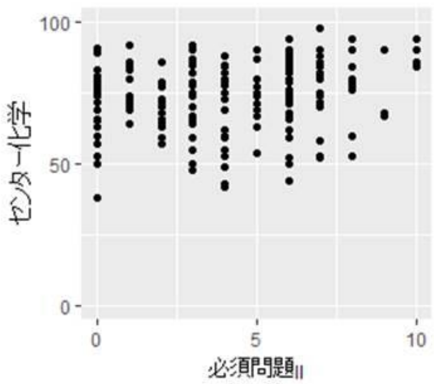
理科試行テストの必須問題Ⅱと、センター物理との相関

センター科目	人数	相関	検定
物理	153	r = .13	p = .12



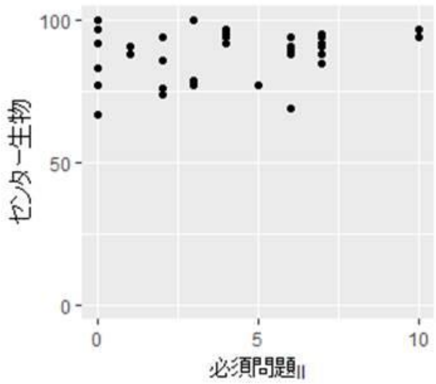
理科試行テストの必須問題Ⅱと、センター化学との相関

センター科目	人数	相関	検定
化学	189	r = .21	p < .001



理科試行テストの必須問題Ⅱと、センター生物との相関

センター科目	人数	相関	検定
生物	36	r = .23	p = .17

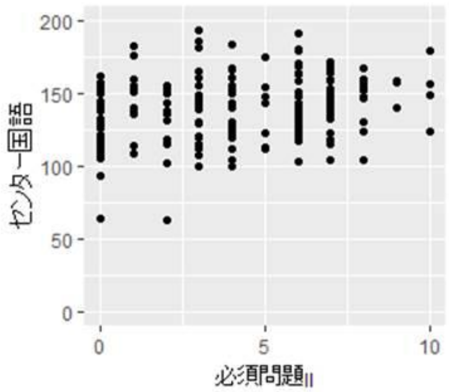


まとめを先に－文系科目－

- **国語，地理，英語と必須問題Ⅱの得点との間に弱い相関がみられる**
- **切断効果により相関が弱まっている可能性も**
  - ➢ 英語
- **問題解決型授業の有無，SSHかどうかは相関のパターンにさして影響せず**
  - ➢ 詳細は省略

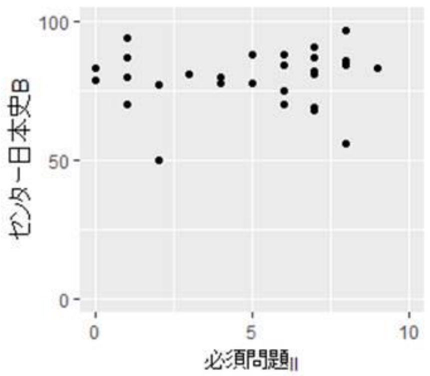
理科試行テストの必須問題Ⅱと、センター国語との相関

センター科目	人数	相関	検定
国語	191	$r = .23$	$p < .001$



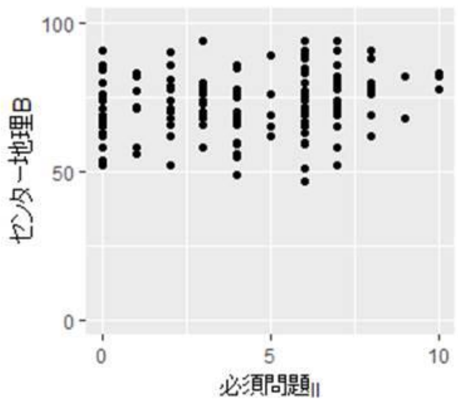
理科試行テストの必須問題Ⅱと、センター日本史Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
日本史B	29	$r = .10$	$p = .61$



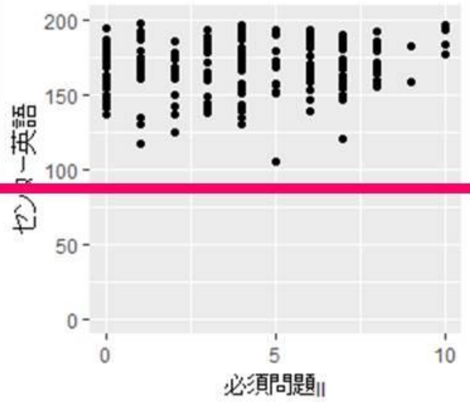
理科試行テストの必須問題Ⅱと、センター地理Bとの相関

センター科目	人数	相関	検定
地理B	143	$r = .19$	$p < .05$



理科試行テストの必須問題Ⅱと、センター英語との相関

センター科目	人数	相関	検定
英語	201	$r = .15$	$p < .05$



４－２．大学主導型（東京工業大学）グループ

【事業目標と想定する開発モデル】

学習指導要領改訂による理数教科改革（理数探究など）を踏まえ、理数分野における学力の３要素を多面的･総合的に評価する入試手法の開発等を､大学が理工系人材に求める知識、資質・能力を評価する方法を検討する手法ー大学主導型・トップダウン的アプローチにより行うとともに、開発した成果の高校・大学関係者への普及を図ることを目的とした。

開発する入試モデルとして，以下のモデルを想定し連携各大学が分担して開発する手法を採った。

１）多様な入試規模に対応したモデル構築のため，50 人までの規模，数十人から数百人までの規模，百人から千人以上までの規模のモデルを想定する。

２）多様な入試方法における実現を目指し，（１）の入試規模と組み合わせて，特別選抜入試，AO・推薦入試，一般入試に対応した新たなモデルを構築する。

３）全国の大学への普及を前提として，各大学の入学試験における実施可能性を最大限に担保するため，現在実施している入学試験の良い仕組みを取り入れて手法を開発する。

なお，各連携大学は以下の想定規模・入試形態を担当した。

・北海道大学：規模の大きい入試（数百人～）における総合的な判断が可能な基礎学力の評価手法の調査・研究・開発

・筑波大学：中規模（50～200 名程度）を想定した理数系分野の AO 入試のあり方の調査・研究・開発。

・早稲田大学：科学技術コンテスト等を通じた新しい入学者選抜方法の調査・研究・開発、複数大学による一体的な入学者選抜方法の調査・研究・開発

・東京工業大学、東京大学：アクティブラーニング型授業を中核とした高大連携事業とその高大接続入試への応用についての調査・研究・開発

【各大学の取組概要】

事業全体として，本年度は新たな入試モデルを開発するにあたって，現状の調査・分析と課題の抽出を行い，入試モデルの検討を開始することとしたが，調査・分析にあたっては，以下の項目を中心に実施した。

ⅰ　国内外における調査・情報収集

ⅱ　模擬サマーチャレンジの実施、問題点、フィジビリティの検証

ⅲ　高大連携特別入試、推薦・ＡＯ入試、一般入試のそれぞれについて、総合的・多面的な評価手法の開発、妥当性の検証

ⅳ　次年度実施予定の模擬テスト，入試マニュアル、成果広報セミナーの開催等について，実施方法を検討した。

【各大学取組について】

北海道大学

委託業務成果報告

大規模入試における思考力・表現力を図る入試の研究

大規模入試において、いかにして表現力、思考力を測定するのかは非常に重要な課題である。表現力、思考力のテストの信頼性や妥当性に疑問が残る現在、信頼性や妥当性のある問題自身の研究と共に、筆記試験以外の高校生活での活動を通じてみるという２つの方法が考えられる。これら２つの視点での本年度の検証結果を報告する。

１． 従来型入試における信頼性と妥当性の検証

１－１思考力や表現力を問う問題の信頼性

一般入試という制限時間の短い中で深い思考力や表現力などのジェネリックスキルを問う場合、問題そのものの信頼性と妥当性という問題が生じる。比較的浅い思考力を判定する場合、多数の問題を解かせるということでその精度を上げるケンブリッジ大学の Thinking Skill assessment という試験があるが、深い思考力を見るには時間がかかり、少数の問題しか出題できない。そのため実際世界的に見て、個人レベルの測定精度が確定したテストは存在せず、集団レベルの測定にとどまるものがほとんどである。

大学入試においても、思考力重視の問題を出題している。　しかし一般に、正答率が低いため、非常に倍率が高くトップレベルを選別するような場合はともかく、倍率２，３倍の入試においてボーダーライン近辺の受験生の選別には適さないという側面もあった。また、大学教育においてもこうした個人レベルでの本質的な思考力あるいは思考力といったジェネリックスキルの測定は難しい課題でもある。これらはコース全体、あるいは大学のカリキュラム全体を通して判断される事柄でもある。そのため、大規模大学入試においても、高校での様々な高校生の活動を考慮し、思考力や表現力などを考慮した入試を行うのが重要となってくる。そこで、問題そのものの研究は後述するとしてまずここでは、筆記試験だけの入試に、いかに高校生活を通じての思考力や表現力による成果を反映させるかを検討しよう。

１－２　従来型入試の信頼性の検証

昨年度本事業において、大学側がより負担無く、既存の学力以外の要素を判定に加える入試として、多元入試を提唱した。すなわち、一般入試において合格者の９０％程度を学力試験のみで選考し、のこり１０％を９０％レベルから１２０％レベルの中から書類によって選別し、予定合格者数に不足が生じた場合には学力によって充足するというものである。多くの受験生に書類選考になる場合を意識させ、高校生活の中で３つの学力を意識した活動を行うことが期待される。また、大学側にとっては合格予定者数の３０％程度を書類選考の対象とするため、受験生全体の書類選考を行う場合に比べて、平均して負担が１０分の１ほどに軽減される。

ただし、ここには問題があった。それは、合否ラインからどの程度までを同一学力と見なせるのかということであった。書類選考をなぜ１０％などにするかなどについての根拠が存在しなかったのである。このため、２０１７年8月８日と９日に、札幌北高校で、同一高校生集団に対して、二回の模擬試験を実施し、順位の入れ替わりを計測した。テスト理論で言うと、平行テストと言われる手法である。ただし、通常の平行テストとは多少異なる要素を導入した。通常の入学試験では複数問、それぞれの難易度が異なる問題を出題する。そのため、受験生にとって問題と

の相性という問題がより生じやすくなる。

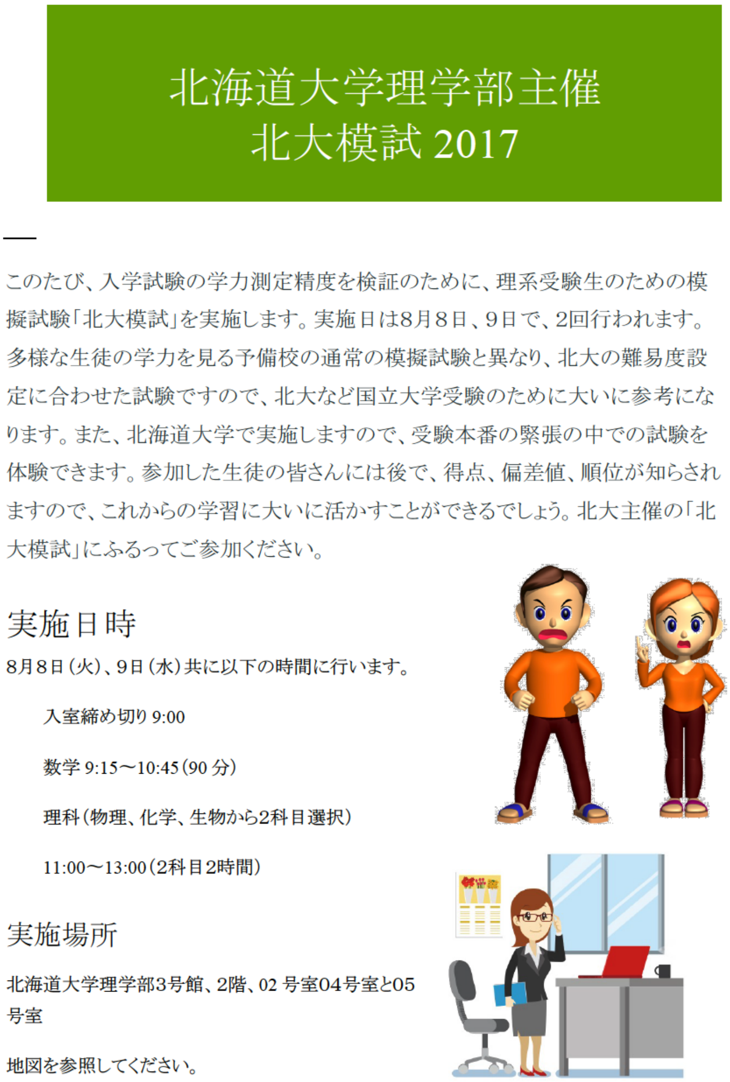


図 1　北大模試チラシ

そもそも、ほぼすべての高校生は得手不得手がある。これは知識レベルとしてだけでなく、理解度の問題や、問題のパターンそのものによっても生じる。本来の平行テストではこれらの条件を同一にするが、ここでは実際におこる問題の信頼性測定のため、項目毎の難易度を同一条件とせず、問題の難易度バランスを、出題項目によって変化させた。例として、数学では１つは微分積分に難易度のやや高い問題を配置し、もう一つは数列に関しての問題を多少困難なものにするということである。

この実施には、札幌北高校の先生達のご協力に感謝したい。高校生にとっては模擬試験を無料で受験できるということで参加者は比較的多かった。１２８名の参加者のうち、２度の受験を行ったのは１００名程度であった。札幌北高では例年７０名程度が北大に合格する。ただし、これは文系受験者を含むため、倍率は２倍から３倍程度とみることができる。当初ボーダーラインの設定によって差異が出ることを予想していたが、後でみるように結果的にはボーダーラインの設定にほぼ依存しない結果となった。

詳細には、数学１００名、物理７３名、化学１０７名、生物３５名である。札幌北高では、生物選択の高校生が少ない。高校では生物は覚えることが多い割に差をつけにくいということで、高

校生の生物離れと関係している可能性もあるが、詳細な理由は不明である。

　また、通常は理科の選択問題に関して、多くの場合「生物」と「物理」の平均点の差異が生じる。このことによって、科目選択によって偶発的に優位さが生じてしまう。今回はこれらの要因は排除すべき要因と考え、合計点においては、それぞれの科目の偏差値を用いて順位付けを行った。

1－3各科目での順位特性

以下は、数学での１回目と２回目得点の相関である。相関係数 0.52 となり比較的ばらつきが大きい。

そもそも比較的競争力の高い大学においては、数学では知られているパターンではなく、思考力重視の問題を多く出す傾向がある。そのため、他の科目よりも分散が大きい傾向がある。たとえば１日目７５点でも二日目５０点である場合もある。また１日目１００点でも二日目は７５点ということもあるのが見て取ることができる。長年の入試にかかわった経験からも、数学は差のつきやすい科目であり、１回目と２回目での順位の変動が大きく、受験生にとってはリスクの高い科目であることがよくわかる。数学では、様々な解法を思いつく必要があり、より難易度の高い問題での入試では、受験生の実力以外に問題との相性の問題も入試によって大きな要素となっていると考えられる。

また今回のテストでは実証できないが､全体の数学の難易度が異なると合格者層が異なる可能性が高いと予想される。

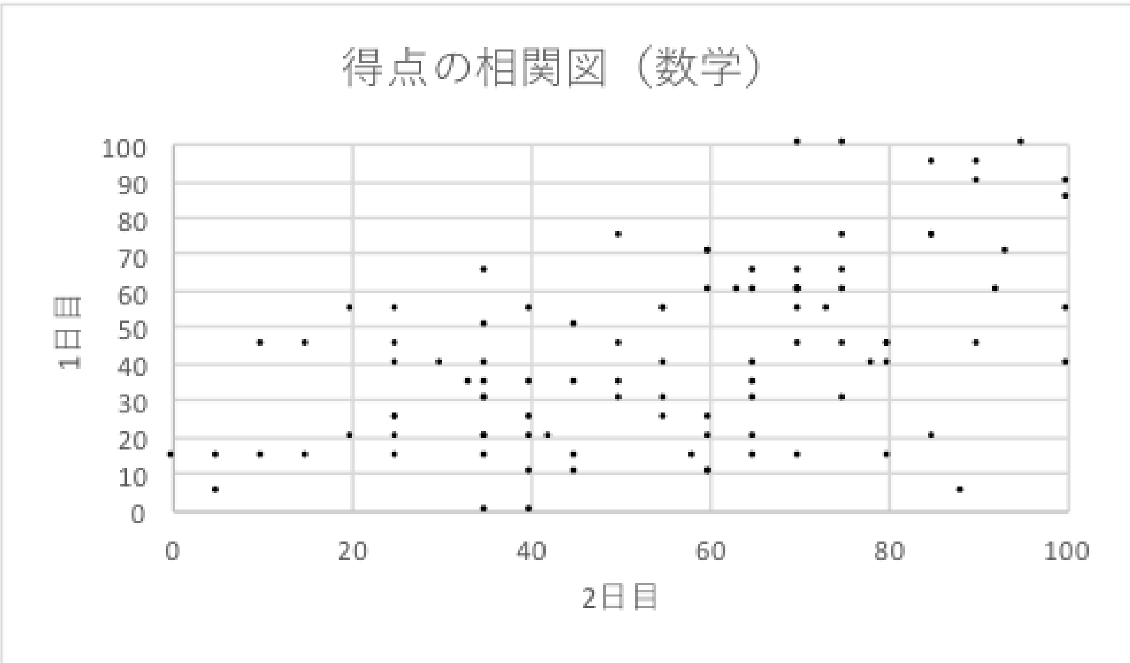


図 2　数学１回目と２回目の得点相関　偏差値順位の相関ではさらにばらばらになるのが見て取ることができる。

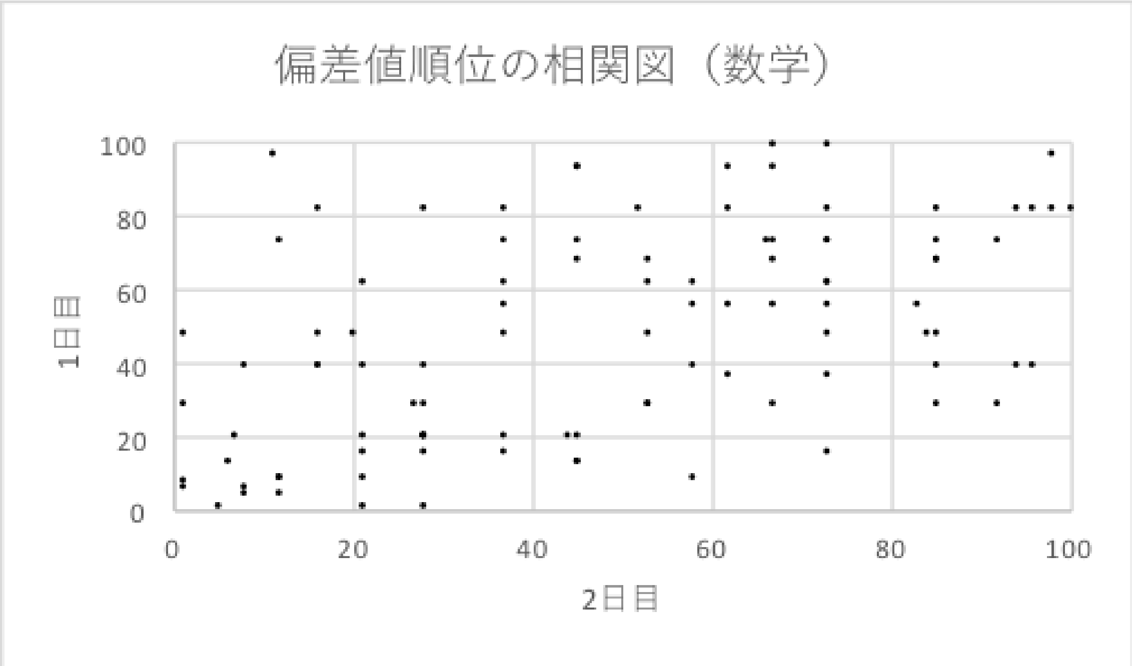


図 3　数学１回目と２回目の偏差値順位相関、１回目と２回目で順位の変動が非常に大きいことがわかる

次に、理科科目について見ていこう。以下が物理、化学、生物学での偏差値の相関である。

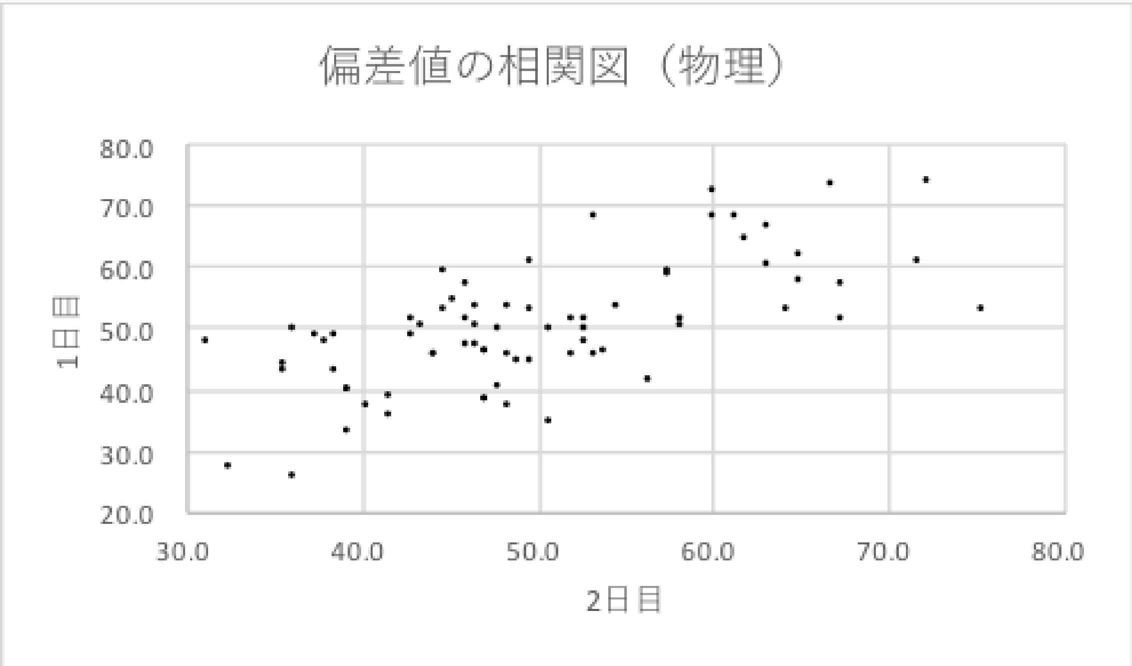


図 4　物理学偏差値の相関

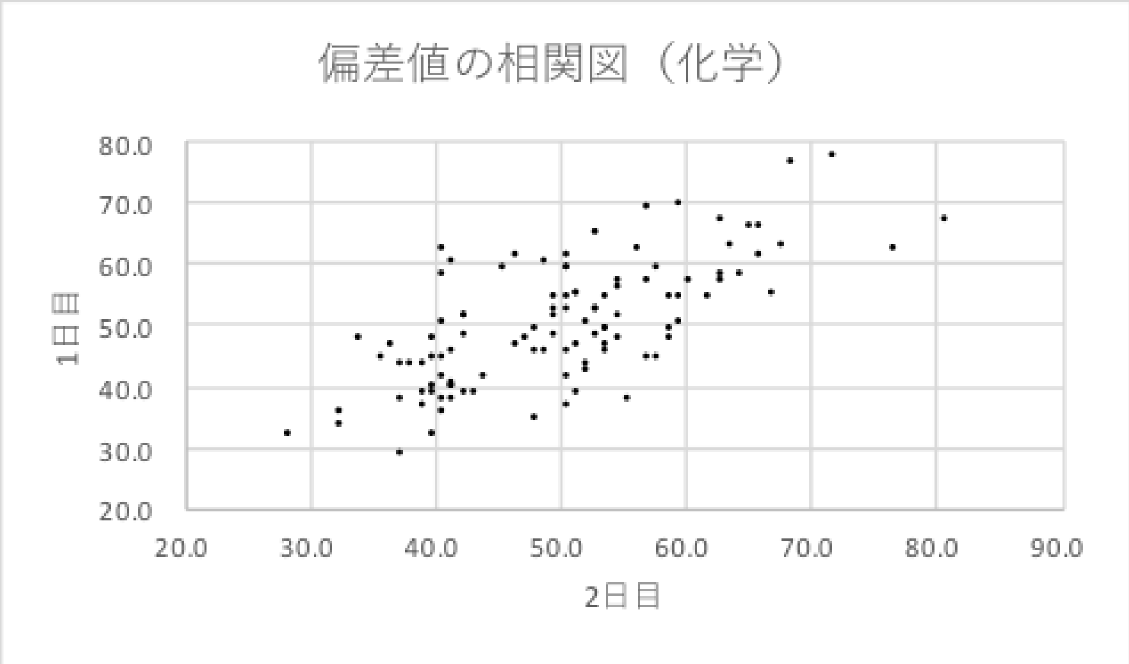


図 5　化学偏差値の相関

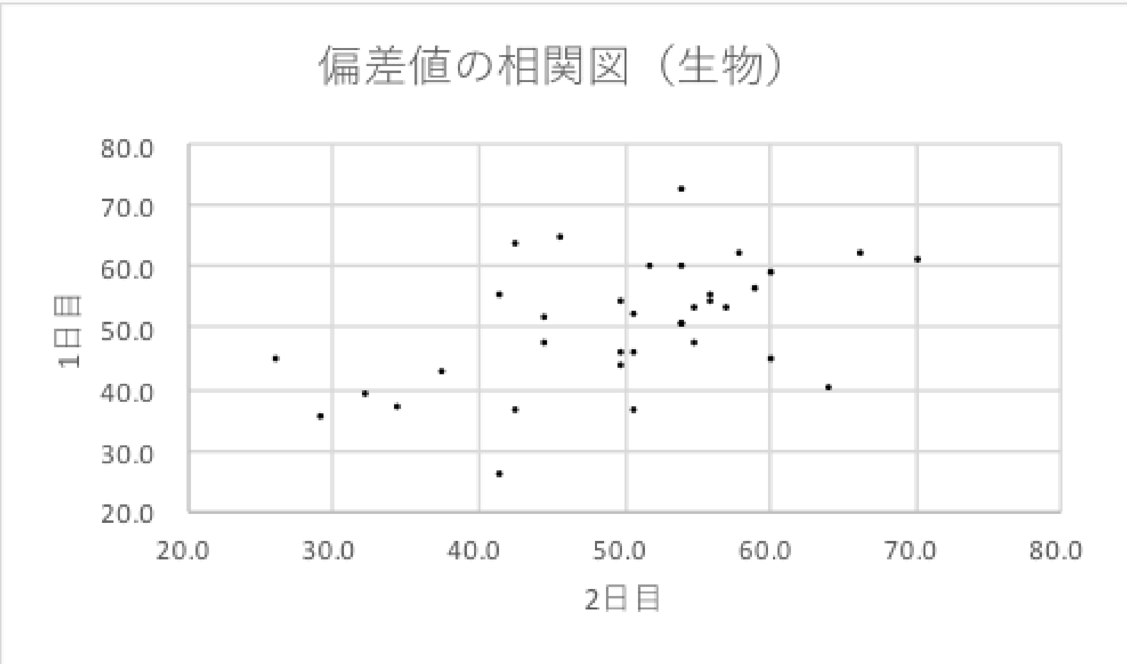


図 6　生物偏差値の相関

物理、化学、生物では数学に比べていずれも相関が高い結果となった。北大入試理科では、比較的基本概念の理解等をまんべんなく見る問題が多く、思考力問題は少ない傾向がある。つまり基本的知識に基づくパターン化された問題が多いのである。以下この要因を考察してみよう。

物理、化学、生物においては選択科目となるため、あらかじめ受験者平均点および合格者平均点がある程度設定される。これは科目選択によって有利不利が生じないようにするためでもある。それでは一体、選択科目によって難易度が生じた場合どのようなことがおこるのであろうか？以

前ある地方大学では以下のことがおこった。ある年の入学試験において、物理学において難問ばかりを出題した。このとき、ほとんどの学生はほぼ白紙であるか、あるいは各大問の最初の小問だけを解くといった事態となった。こうすると最初の数問に大きな配点をして平均点を上昇させることになった。しかし、そのようにしてもさすがに平均点を目標値とすることはできなかった。すると、物理学の試験においてはほとんど差がつかず、入試では物理学の理解度を反映できなくなった。すると、生物学受験者が入りやすかったことと相まって、入学者の中で物理学を理解していない学生の割合が増加したそうである。こうした場合、理解度を見ることができなかったため、たとえ偏差値（あるいは標準化された点数）を用いても事態はそれほど好転しない。実は北海道大学の入試においてもかなり昔（はっきりと言うことはできないが）にこうした事態が起きたことがある。こうしたことから、出題側は問題の難易度に関して細心の注意を払う必要があるのである。すなわち、ある程度容易に解くことができる問題を配置し、徐々に難易度を上げていき、ボーダーライン上の学生をできるだけなめらかに判別できるようにする出題が好まれるのである。この中では、思考力重視の問題はパターン認識では解くことができなく、解くのに時間がかかるため、解くのを後回しにされやすく、正答率も低くなる傾向が生じる。他方数学では、理系では必修のため、難易度にかんしてそれほど神経質になる必要はない。そのため、思考力重視の問題を出題しやすい科目となると言えるだろう。むろんこうしたことは元々受験生全体の理解度の平均に依存する、大学毎に方針は異なってくるが、一部の偏差値の非常に高い受験生が見込まれる大学を除いて同様の方針である大学が多いと予想される。

1−4 合計得点での検証

さて、全体の合計点での相関を見ていこう。全体の得点の相関は 0.8 となった。これは比較的相関は高いことを意味している。すなわち、得手不得手という偶発的な現象が、科目数を多くすることによって解消される傾向であるという、ある種自明な予想を確認できる。

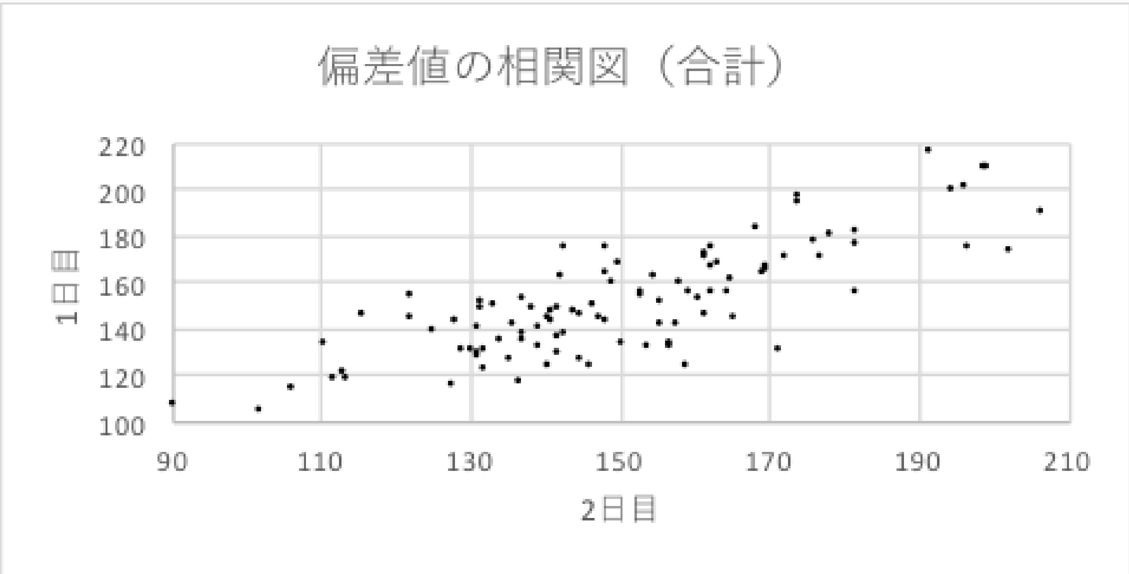


図 7　合計偏差値の相関

また順位の相関は、相関係数 0.76 であり、比較的相関は高い。偏差値の相関よりも低いのは、中央付近の母体数が多きいところは、順位の逆転がおこりやすいためであろう。

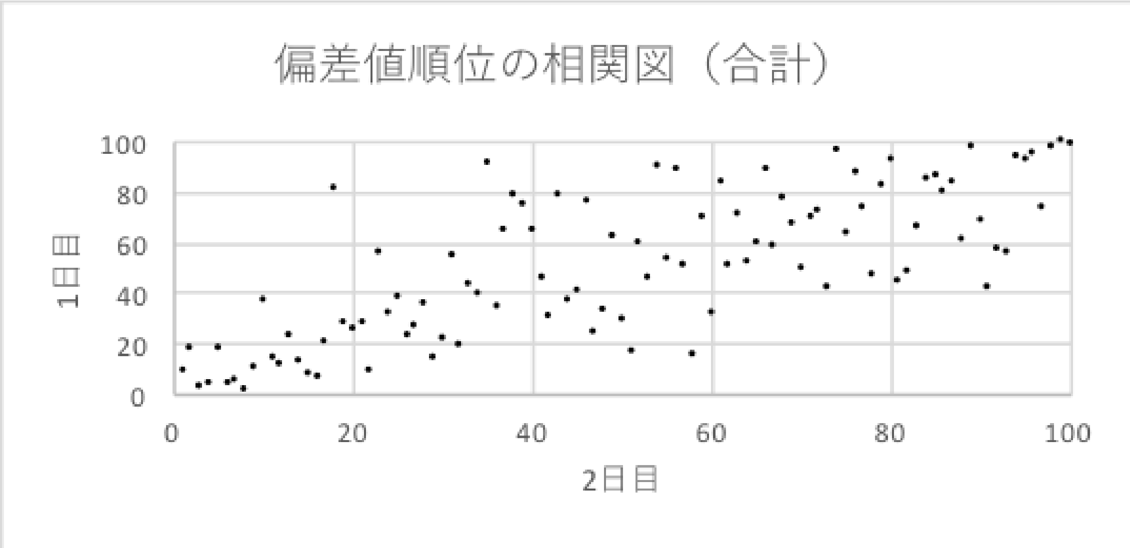


図 8　偏差値順位の相関 : ほぼどこにボーダーラインを引いてもどちらの試験でも合格となるのは８割程度となる。

さて、この順位相関から、合格ライン２０位、４０位、６０位とした場合、いずれも約２０％の受験生の合否が入れ替わることがわかる。この結果は以下のように解釈される。倍率の高い場合、難しい問題ができたかどうかで合否が分かれるため、問題との相性の問題が起きやすい。また、２倍程度あるいはそれ以下の倍率では、ボーダーラインに人数が多くなるので、少しの得点差で、合否が変わる傾向がある。

以上の結果から、北大レベルの入試難易度の場合、ボーダーラインから２０％程度は、学力以外に問題との相性という偶発的な要素によって、合否が入れ替わるという結果が得られた。サンプル数が１００名であるので約１０％程度が統計的ばらつきに起因するとも考えられるが、この統計的ばらつきを超える結果である。この結果から言えることは、多元入試において９０％から１２０％の層に書類選考を行っても、既存の学力の平均は保持されるということである。

この結果は自分達が高校生であったころの経験と符号する。受験生の多くは、様々な大学を受験する。我々は、偏差値の低い大学の入試に落ちてしまったのにもかかわらず偏差値の高い大学に合格することがあることを良く知っている。今回はこうした問題との相性の問題を裏付けたものであると言えよう。

ちなみに、３月には思考力重視の問題で、模擬試験を実施した。おそらく、通常の問題以上に問題との相性問題が生じることが予想されるが、この結果の解析は次年度行う予定である。

２．海外の問題の整理と問題の分類および評価基準

２−１海外の問題の研究

昨年度海外の高校における問題に関する書籍を大量に購入した。主として、イギリスの A-level テキスト、アメリカの Advanced Placement Tests, 医学部向け MCAT 問題集、国際バカロレアテキストおよび関連する問題集などである。また、実際のテストそのものも Web から入手した。その他、日本の入試では海外よりも高度な問題が出題されることから、大学一年次テキストも参考にした。これらが大量に未整理であったことから、本年度は、収集した問題の整理を行った。特に、日本ではあまり見られない問題の整理を行った。やはり一見して感じるのが、新しいタイ

プの問題でもパターン化されやすいことであった。高校の先生と話す機会があった。　たぶんに新しいタイプの問題では、正答率はかなり落ちる。しかし、たとえ新しいタイプの問題が出ても、その後対応は可能である場合がほとんどであることであった。

　さて新規の問題を実際に試験で使うとどうなるのであろうか？J. Surif,　N. H.Ibrahim, S. F. Dalimc(Procedia - Social and Behavioral Sciences 116 (2014) 4955 – 4963,)では、大学において新しいタイプの問題を化学の定期試験において出題した結果が報告されている。通常のアルゴリズム問題の回答のうち、１００点満点で４０点以上の割合が、９６％であるのに対して、概念問題（後述）では５４％、オープンエンド問題（後述）では１５％程度となってしまう。正答率が落ちると単に優秀さだけでなく問題との相性の問題が大きくなって、テストとしては妥当性が落ちることになる。以下ではまず問題の分類論と試験問題としての妥当性に関して見ていこう。

2－2　問題の分類と解決に必要なスキル

Wood and Sleet 1993 による問題の分類は、データ、手法、目標のそれぞれが与えられているかに基づく。

まず、データ、手法、目標のすべてが与えられている場合をアルゴリズム問題という。高校で例だとして扱う問題はすべてアルゴリズム問題といえる。他方、タイプ２から８に相当するものをオープンエンド問題(Open Ended Problem)という。

タイプ	データ	方法	目標	スキル
1	完全	なじみがない	与えられている	アルゴリズムの想起能力
2	完全	なじみがある	与えられている	既知以外の手法探究能力
3	不完全	なじみがない	与えられている	必要なデータの解析能力
4	不完全	なじみがある	与えられている	新しい手法探究とそれに必要なデータ収集能力
5	完全	なじみがある	オープン	知識構造の探究による適切な目標設定能力
6	完全	なじみがない	オープン	知識構造と手法を探究による、目的と適切な目標の設定能力
7	不完全	なじみがある	オープン	目標設定と必要なデータの解析能力
8	不完全	なじみがない	オープン	目標設定能力および、手法と必要なデータ設定能力

表 1　Wood and Sleet, 1993 による問題の分類と必要とされる能力

知識基盤社会で必要とされる能力は、オープンエンド問題解決能力であり、入試問題などのアルゴリズム問題を解くのとは、別のスキルを要する。事実、企業において「人がいない」と称されるのは、言われたことを正確にこなす優秀な人材は多いが、新しい価値を作り出す人材が少ない

ことを指している場合が多い。今後、こうした言われたことを正確にこなす部分の業務はいち早く AI に取って代わり、オープンエンド問題を解くスキルの重要性はより高まる。また、そもそも人生そのものがオープンエンド問題解決の連続から成り立っているともいえる。

2－3 問題解決能力の定義

この問題解決能力の定義について見ていこう。

以下の図は、アメリカの大学協会が卒業までに大学で達成すべき到達目標としているものである。

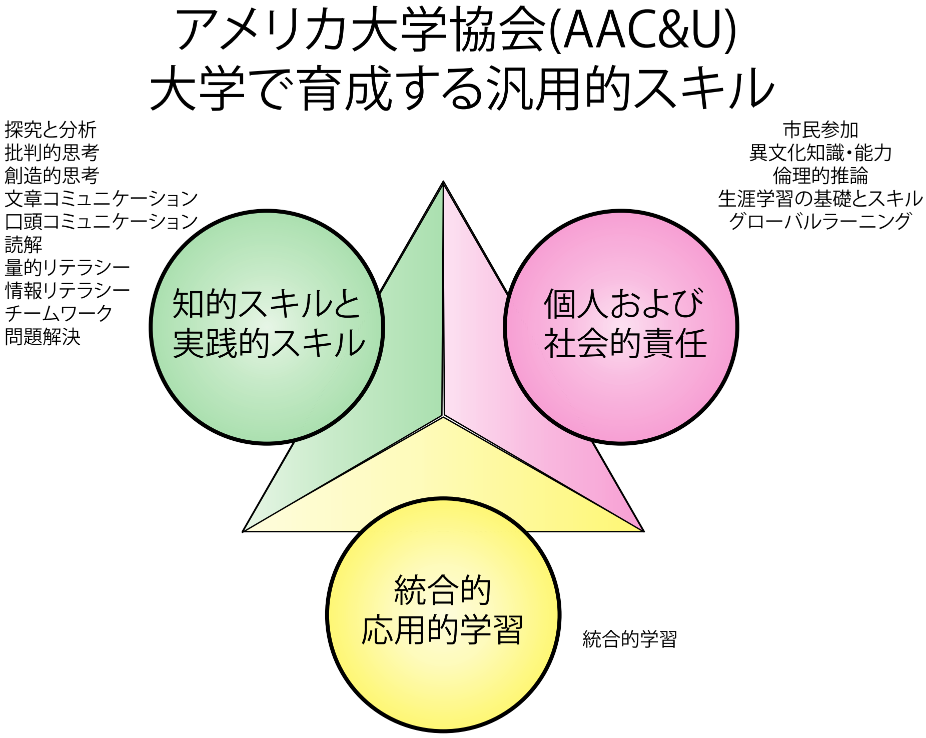


図 9　AAC&U でのラーニングアウトカム、この中に問題解決がある

さらに研究は進み、これらのスキルの定義とこれらを判定するためのルーブリック（VALUE ルーブリック）が開発されている(https://www.aacu.org/value-rubrics)。この中で、問題解決とは以下のように定義されている。

「問題解決とは、オープンエンドな問題に答えるための方略、あるいは望ましい目標を達成するための方略を、デザインし、評価し、そして実行する過程である。」

つまり問題解決スキルとは、知られているアルゴリズムで解くことでなく、主としてオープンエンドな問題を解くスキルとして定義されているのである。このことから、オープンエンド問題を解くことの重要性が、アメリカにおいては正しく認識されてきたことがわかるのである。

大学教育、主として研究大学においては、こうしたスキルは主として研究によって習得される。日本の研究大学においては、学内でたたき上げられた学生が研究に重要な役割をなす体制であることも関係しており、この体制が日本の大学の研究力を支えているということにも関係する。また、学生が研究結果を様々な聴衆に発表する機会もあり、ここで表現力が高められることが多い。すなわちできるだけ専門用語抜きで研究結果を説明する能力が育成される。逆に専門用語なしでは説明できない研究は、本質的に重要な研究とは見なすことはできない。また、研究でも各自の創造性が評価されるため、教員に言われたことをただやったものに過ぎないのか、あるいは学生がそれを変更してなしたものかでも大いに評価は異なる。これは部下として自分で判断して動くことができることを重視するため、就職活動などでも企業によってチェックされる重要なポイン

トの１つでもある。一般に企業において言われたことしかできない人材は常勤職員候補にはしたくないのである。

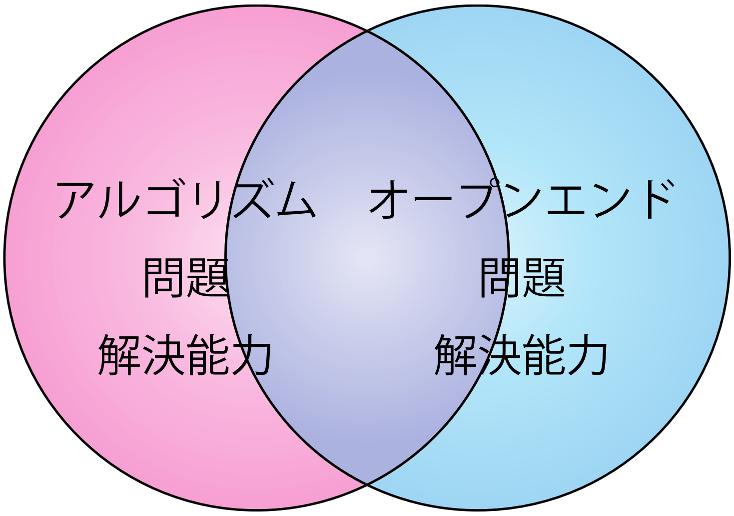


図 10　アルゴリズム問題を解く能力とオープンエンド問題を解く能力　社会で必要な能力は通常の入試問題では測定不能。

2-4　オープンエンド問題の評価ルーブリック

入試問題においては、アルゴリズム問題以外としては、タイプ２に相当する、手法が通常とことなる問題（主として数学分野）もあらわれるが一般に正答率が低い傾向となる。また、タイプ３以降は、採点が困難ではあるが、ミネソタ大学では以下の様なルーブリックが作成されている。ただし、採点者による主観の影響も多く、１つの問題においてでは、信頼性は確保しにくく、学生と問題との相性の問題もあるため、コースを通じて多数の問題を扱うことで信頼性が確保できる。つまり、タイプ２以降のオープンエンド問題の出題は、一回の試験における信頼性には疑問がのこる。

列 1	列 2	列 3	列 4	列 5	列 6
パフォーマンス領域	スコア=4	スコア=3	スコア=2	スコア=1	スコア
問題設定	生徒は、問題は明確に記し、問題解決のために関わる問題を認識	生徒は、問題を適切に定義している。	生徒は、問題を適切に定義することには失敗している	生徒は問題を設定できなかった。	
問題解決の計画	生徒は、問題解決に向けての計画を明確に提議し、また、幾つかの別の戦略をプランしている。	問題解決に向けての適切な計画がある。	問題解決に向けての計画はあるが、問題解決にいたるのに適さない。	問題解決に向けての計画がない	

情報の収集と解析	幾つかの情報源から必要なデータを収集し、深く分析している	適切な情報を収集し、基本的な解析をしている	解析をするには適切でない情報を収集している	必要なデータを収集できなかった
結果の解釈と問題解決	結果に関して論理的な解釈を行い、別の解を示しながら問題を解決した	結果について適切な解釈をしながら、問題を解決したが、別の解の可能性を示していない	結果に解して適切な解釈ができておりず、論理的な解を得られなかった	結果について解釈ができなく、解を得られ名かった。

表 2　オープンエンド問題の採点ルーブリック例

また、この他 Value ルーブリックは、https://www.aacu.org/value-rubrics から入手可能であり、日本語訳は、松下佳代の論文（「パフォーマンス評価による学修の質の評価」、京都大学高等教育第１８号、2012,p75-114）に掲載されている。

先に述べたようにオープンエンド問題に関してのスキルは、大学においては主として研究活動によって習得される。この意味で卒業研究などは非常に重要である。ただし、理系では学士課程３年次以降での習得になる。このようなことから、世界的には１年次から企画力を習得されるプログラムを用意する動きがある（オーリン工科大学など）。また、香港理工科大学工学部あるいはチューリッヒ工科大学では、課外活動として学生による自主制作に資金を提供し、教員に依るサポートも行っている。こうしたことから、日本の高校におけるスーパーサイエンスハイスクールによる研究活動は非常に意義のある活動である。ただし、グループ活動のため客観的評価が難しいという側面があるが、こうした活動への参加事態は大いに評価項目とすべきであろう。

２−５　具体例に見るオープンエンド問題の出題

それではオープンエンド問題による入試問題とはどのようなものが考えられるのであろうか？アメリカの Advanced Placement は、優秀な高校生に大学初年次レベルに近いコースを提供し、能力を伸ばそうというコースである。多くの高校がこうしたコースを提供しており、成績は AP Test という共通テストのスコアが参照される。また、多くの大学では高いスコアの場合、大学の単位として認定される。（アイビーリーグ大学理系志望者の多くは、Calculus AB, BC, Physics, Chemistry, Biology のスコアを願書に書き込んでいるというのは現実である）このテストには記述式問題(Free-Response Questions)もあり、近年新しいタイプの問題を出題している。たとえば、2016 年の AP Physics 1 の問題設定は以下のようなものである。

「新しいタイプのボールが発売され、完全に弾性的に跳ね返ると宣伝されている。しかし、ある生徒は、いかなる衝突も完全に弾性的ということはないと思った。生徒は、非常にスピードが小さいときは完全に弾性的に近く、スピードが速くなると、より完全に弾性的でなくなっていくと仮定した。」この状況を確かめるための実験をデザインしなさい。」

このあと、実験によって予想されるグラフを書くことなどが求められていく。

この問題の解答としては、様々なデザインが考えられ、それに応じて計測する量もことなるため、自由度は大きい。つまり、オープンエンド問題を出題していると言える。なおかつ実験をデザイ

ンさせるというのは非常に創造的なプロセスでもある。通常このような問題は難易度の調整が困難であるが、この例では非常に成功している。受験生では、ゼロ回答は少なく、多くはなんらかの解答をしてくると予想される。
日本の大学入試においても今後このようなオープンエンド問題の出題が期待される。

3．思考力表現力を図る問題

3−1　海外大学教育における取組

数学や物理学においては、定量的な問題や数式を用いる問題では、数式をもって説明を行う場合が多い。しかし、主に公式の運用を覚えているだけであって、その意義を理解していないことが多いことが知られている。「正しいことを言っていても理解しているとは限らない」というのが、STEM 分野の教育研究で明らかになっている。このため、１９９０年頃からアメリカの物理学の授業において ConcepTests（概念テスト）が授業で用いられてきた。
物理学においては、多くの学生が公式を用いたアルゴリズム問題を解くことが、基本概念が理解できていないことが認識されている。このような教育上の欠点は、アクティブラーニングを用いると非常に改善されることが様々な研究によって裏付けられている。また、多くの理系分野においては、これまでの講義形式の授業は、多くの学生に有効でないことが認識されている。アメリカの大学では３年次に専攻を決めるのであるが､多くの学生は入学時に理系を希望しているのに、初年次理科科目履修後約半数が文系に進路を変えるのである。また、白人とアジア系以外の学生ではドロップアウト率はさらに大きい。このようなことから､、NSF からの支援を受け、理系志望の学生を増加させるべく STEM Initiative が立ち上げられた。この中でコロラド大学ボルダー校やノースカロライナ大学などいくつかの大規模大学では、数学、物理学、化学、生物学などの授業において１年次すべての科目で組織的にアクティブラーニングが取り入れられてきた。アメリカでは初年次教育は大規模授業が主体であるため、大規模授業でも簡単に双方向性が取り入れられる、クイズ形式の授業が行われてきた。このため、理系の基礎科目すべてにおいて概念問題が用意されている。

3−2　具体的事例

物理における概念問題の例を挙げよう。

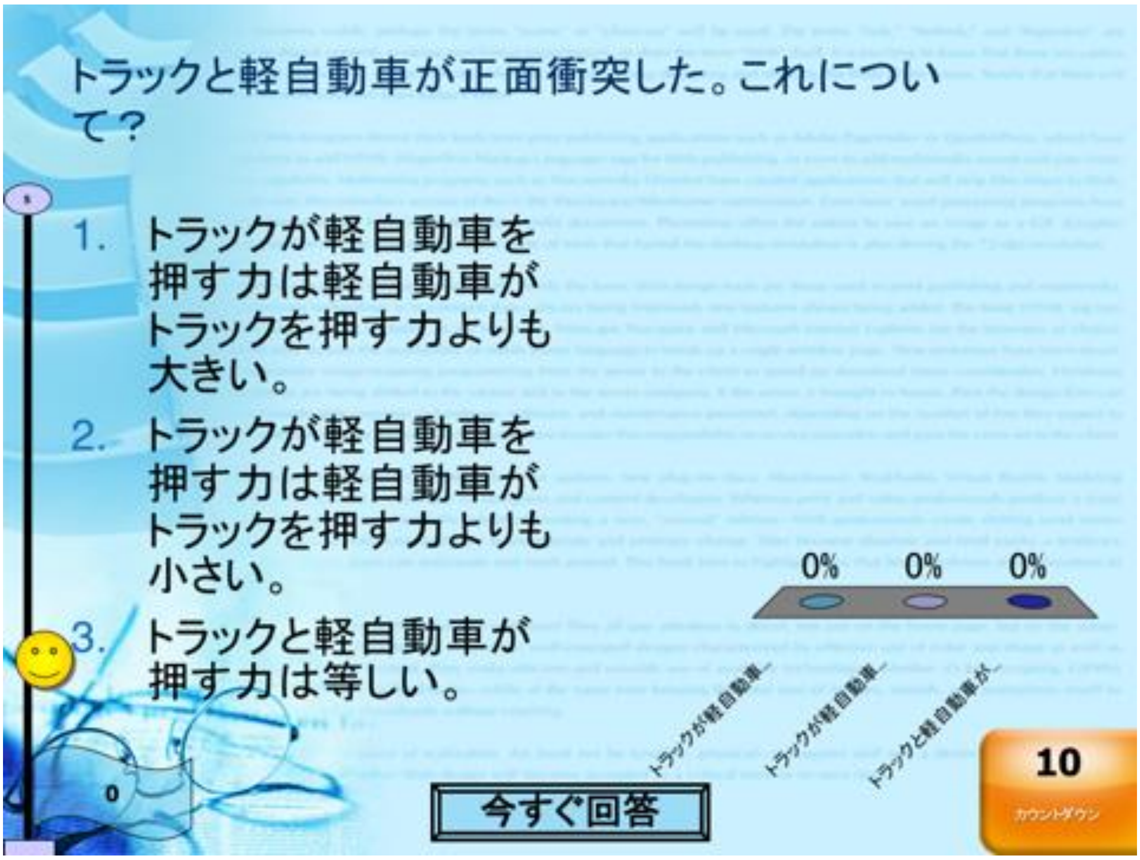


図 11　クリッカーによるクイズ(ConcepTests)スライド、解答するためには公式の運用でなく、基本的理解と、討論するときにまわりに数式なしで説明することが求められる

大学の授業においては、まずクリッカーで個々の学生の答えを収集し、次に話合って検討させる。大学の授業における正答率は必ずしも高くない。多くの学生は、ニュートンの作用反作用の法則を学んだ後も、これはテストの上だけのことであり、日常生活ではこれが成り立たないと思っていることがわかる。概念テストに類する問題は過去共通テストでも出題されたことはあるが、２次試験３択問題ではなく、以下のような問題となる。

1．　トラックと軽自動車が正面衝突し、軽自動車はトラックに押されて後退した。このとき、トラックと軽自動車の押す力のどちらが大きいかを理由と共に記せ。
2．　軽自動車に乗っている人に加わる力とトラックに乗っている人に加わる力のどちらが大きいかを、理由と共に記せ。

このように、数式を用いずに基本的な思考力を用いて定性的に表現する問題は、基本から考えるための思考力、そして表現力を要する。そのため、こうした形態の問題が今後思考力、表現力を計る問題として候補となると思われる。ただし、こうした問題は一見簡単でありながら、正確に解答するためにはある程度時間が必要になる。そのため、受験生の多くはこうした問題を回避し、正答率が低くなることが懸念される。

３．まとめ

大規模入試において、いかにして表現力、思考力を測定するのかは非常に重要な課題である。表現力、思考力のテストの信頼性や妥当性に疑問が残る現在、筆記試験以外の高校生活での活動を通じてみるか、あるいは信頼性や妥当性をいかに確保するかの２つの方法が考えられる。これらの検証に先駆けて必要なのが現状の筆記試験の信頼性である。検証の結果、現状の一般入試では、およそ２０％の受験生に関して試験によって合否が入れ替わることをみた。

また、問題を分類による海外の大学教育や高校教育における事例により、思考力、表現力重視の問題の候補を示した。思考力に関しては現在ある程度出題されているが、正答率が低い傾向にある。また、真に必要な能力はオープンエンド問題の解決能力であることをみた。また、このような問題を出題する海外の取組についてみた。

表現力問題としては、概念問題、つまり専門用語等を使わないで説明することなどが有力な候補となることを見た。今後はこうした成果を発信していきたい。

筑波大学

委託業務成果報告

【事業全体の目的】

理数分野における思考力等を多面的・総合的に評価する手法や問題開発等を行う。その際，大学教員と高校教員が協働して検討する手法（高大協働型），理工系人材に求められる知識，資質・能力から検討する手法（大学主導型）の両面から多面的・総合的に行い，開発した成果の高校・大学関係者への普及を図る。

【筑波大学が担当する事業の目標】

筑波大学が担当する事業は，「中規模（50～200 程度）を想定した理数系分野の AO 入試のあり方の調査・研究・開発」であり，事業全体の目的の中にある「理工系人材に求められる知識，資質・能力から検討する手法（大学主導型）」について，調査・研究を行う。

【今年の事業計画と概要】

１． 現行の入試評価方法の問題点の再分析
２． 高校からみた入試選抜法の評価
３． 基礎学力を担保する試験の利用法
４． 求める学力の再定義
５． 新たな選抜手法の開発および新しい AO 入試の提案
６． 一般への啓発活動

現行の入試評価方法の問題点の分析をするため，筑波大学の近年 5 年の入学者約 1 万名分のセンター試験得点，二次試験得点，高等学校評定平均，大学成績等を入試区分毎に評価した。同時に，筑波大学の開学からの 45 年分の医学類の入試動向を分析した。その結果，筑波大学においては，推薦入試合格者の大学成績が一番良いことが明らかになった。これは，筑波大学の推薦入試において，単なる国語表現を求める小論文ではなく，基礎学力を評価する小論文を課しているためだと思われる。基礎学力を評価する小論文を用いれば，近年増えているセンター利用型の推薦・AO でなくても，優秀な人材を確保できると思われる。また，医学類の分析では，志願者動向は，試験問題の種類や選抜方法に大きく影響されることが明らかになった。

次に，高等学校側からの意見を聞き，現状の入試制度の問題点や高等学校が望ましいと考える入試方法を明らかにするため，北海道から沖縄県まで全国 36 校を直接訪問し，昨年度に引き続き入試担当教員や理数系担当教員（SSH 担当教員も含む）から聞き取り調査を実施した。その結果，高等学校と大学との間で，意見の相違があり，高等学校では一般入試で入学できない生徒を推薦・AO 入試で合格させたいと考え，大学が求めるような一般入試と同レベルの生徒は推薦・AO 入試ではあまり受験しないことが分かった。また，高等学校間でも，進学校と進路多様校，さらには学校の歴史や設置形態の違いでも，意見の相違があることが明らかになった。さらに高等学校教諭や高校生へのアンケート調査や懇談会を開催し，情報交換を行った。

こうした分析・調査と並行して，現状の推薦・AO で問題とされる学力を担保する方法として，外部試験の利用も模索した。その中で，米国において College Board が主催する SAT の試験問題の評価に関して現役大学生を対象に行った。英語での試験ではあるが，日本の高等学校を卒業した生徒は十分解答できるレベルであることが分かった。しかしながら，昨年度に外部英語検定の例で明らかにしたように，外部試験自体に対する批判的な意見も多く，導入にはいくつか解決しなければならない問題があると判断された。

こうした一連の調査から得たアイデアをもとに，新しい入学者選抜に関する手法を開発した。合同コンテスト選抜法，高校教員採点法，自己採点法（センター試験と前期日程の間に実施する入試対象），大学オファー法，大高接続法，中大接続法，外部面接員法が有力な候補となり，上記で述べた高等学校訪問の際および公開シンポジウムの際に高等学校教員らに評価を求めた。さらに，これら手法を取り入れた新しい AO 入試を開発した。

さらに 3 月末には，公開シンポジウム「これからの入試改革」を主体性分野と合同で開催し，一般への啓発活動に努めた。

【はじめに】

本事業が目的とするものは，「理数分野における思考力等を多面的・総合的に評価する手法や問題開発等を行う。その際，大学教員と高校教員が協働して検討する手法（高大協働型），理工系人材に求められる知識，資質・能力から検討する手法（大学主導型）の両面から多面的・総合的に行い，開発した成果の高校・大学関係者への普及を図る。」であって，特定の学力に偏重した問題の開発ではない。

2021 年度（2020 年度実施）入試から大学入試センター試験に代わる「大学入学共通テスト」が実施され，AO 入試は「総合型選抜」，推薦入試は「学校推薦型選抜」に呼び名が改訂される等，大きな入試改革が予定されている。それに伴い，知識や思考力のような基礎学力の他に主体性等の学力も入試で求められるようになり，大学は新しい学力三要素に対応した新しい選抜方法を模索している。

特に理系においては，新しい科目として「理数探求」等が設立される。また，既に高等学校および中等教育学校高学年（以下高校）で優れた研究活動を行っている学校も多い。さらに近年卒業研究や課題研究を課す学校も増え，文部科学省からスーパーサイエンスハイスクール事業のサポートもあり，研究のレベルは上がっている。優れた研究には様々な科学コンテストから賞が贈られて，研究の励みとなっている。同時に科学オリンピック等の各教科の実力を競うコンテスト

もある。こうした研究活動を行う生徒を積極的に募集するため，入賞歴や研究内容そのものを評価する入試も既に行われている。

同時に作問においても毎年工夫を凝らした出題や面接を実施し，単に暗記の知識によらない入学者選抜を心がけている。しかしながら，多くの場合が高校や予備校等に対応されている。大学が知識に頼らずに思考力によって導き出せる問題を用意しても，知識や練習によって補えるなら確実で楽なほうに流れるのは，容易に想像がつく。このため，高校と大学との鼬ごっことなり，時には難問奇問という出題が行われてしまう。

現在こうした従来の選抜方法の改善や新しい選抜方法の開発に向け，様々な調査や分析が行われているが，分析データに問題がある場合や高校の意見が反映されていない場合も多い。例えば，大学生を対象とした調査は，合格者のみのデータ分析のため「選抜効果」が働き，誤った結論を導いてしまうことが多い。また，高校を対象にアンケート調査を行っても本音が聞けるとは限らない。

そこで本研究では，聞き取り調査をもとに理系の推薦・AO 入試での新たな選抜方法の開発を目指すことにした。もちろん，聞き取り調査にも限界があり，一部の偏った意見に左右される危険性はあるが，新たなアイデアを生み出すために一定の有用性があると考えられる。

【各事業の説明】

１．現行の入試評価方法の問題点の再分析

１−１．大学成績に影響する要因および入試区分毎の評価

現行の入試評価方法の問題点を分析するため，筑波大学を近年 5 年の入学者約 1 万名分のセンター試験得点，二次試験得点，高等学校評定平均，大学成績等を入試区分毎に評価した。

昨年度の調査で明らかになったように，入学者は一定の学力層だけを抽出した集団であり，それらを分析しても「選抜効果」のため，不合格者を含めた集団全体で分析すれば当然あるべき相関等がなくなってしまう。したがって，大学成績と入試成績は，ほとんど相関がみられず，低い相関係数の値を見比べての議論は無意味である。

しかしながら，大学成績と高校評定平均の間には，中程度の相関がみられる場合がある。高校評定平均は，高校間の学力差，さらには高校間での評定の付け方の差が大きく，それ自体は選抜において知識や思考力を測る指標としては役に立たない場合が多い。これに対して，一定の学力層内においては，高校評定平均は真面目さや積極性といった主体性を測る指標として役に立っているように思える。

同時に，筑波大学では推薦入試合格者の大学成績が一番良いことが明らかになった。これは，推薦入試において，単なる国語表現を求める小論文ではなく，学力を評価する小論文を課しているためだと思われる。学力を課す小論文を用いれば，近年増えているセンター利用型の推薦・AO でなくても，優秀な人材を確保できると思われる。

１−２．志願者動向に影響を与える要因

次に，筑波大学の開学からの 45 年分の医学群医学類の入試動向を分析した（図１）。医学群医学類は，かつて教科別の試験を行っていたものを 1979 年に 5 時間以上の長時間の小論文に変え，その後 1994 年から再び教科試験に変え（ただし，理科は物理・化学の指定），2004 年に理科を物理・化学・生物の中から 2 科目選択に変更した。

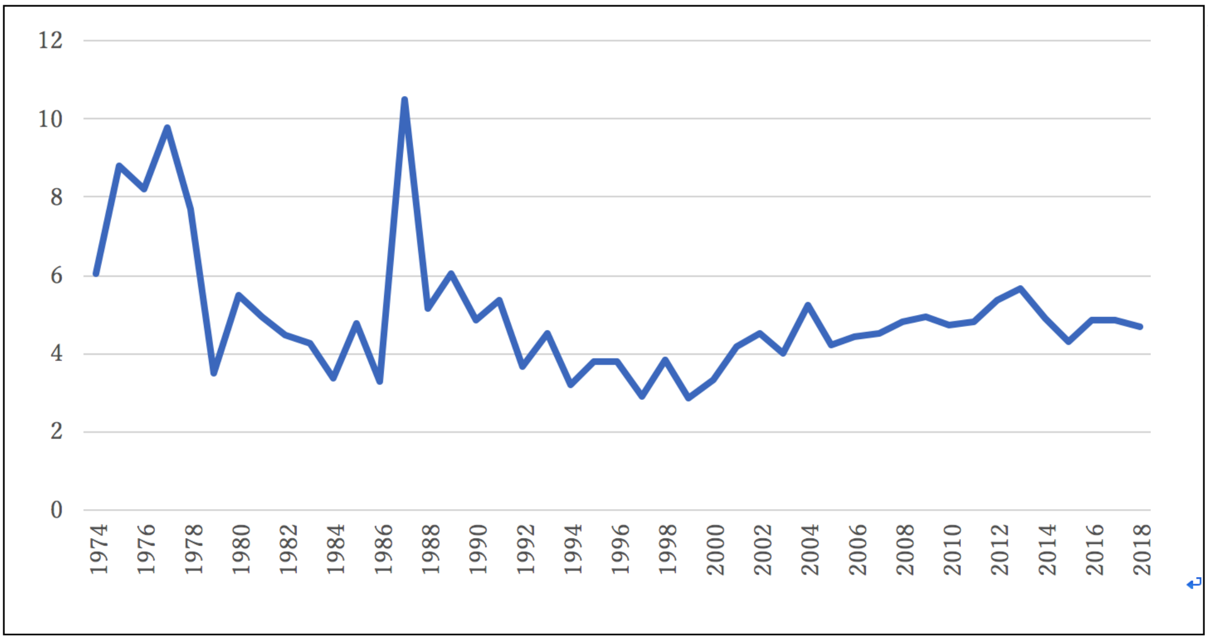


図 1．筑波大学医学群医学類志願者の経年変化

まず 1979 年度入試（1978 年度実施分）において，倍率が極端に下がっているのは，大学共通第一次学力試験の導入により，Ⅰ期校・Ⅱ期校制が廃止され，全国的に国立大学の倍率が下がったためである。次に 1987 年に倍率が極端に上がったのは，連続方式導入により，国公立大が A・B グループに分かれて個別試験を行い，2 校同時に受験できるようになったためである。こうした大きな動向変化の他に，長時間の小論文の廃止によって，1987 年より徐々に倍率が低下していたものが横ばいに転じている。また，2004 年に理科を 3 科目からの選択にした年も倍率の上昇がみられた。したがって，選抜方法の変更は志願者動向に少なからず影響を与えるので，注意が必要である。

1−3．大学の意図と高校の対応

これから行われようとしている入試改革でも問題点が指摘されている。しかし，それ以前からも入試，特に問題に関する批判や改革は行われており，100 年以上も前から続いていることである。例えば，坪内逍遙は，1881 年の『官立学校の英語試験』の中で，「或官立学校の入学試験問題に於ける英文翻訳を見る毎に，吾人は不審無き能はず，彼れは奇句奇語のみを連ねて，英語学の力を検すれば也。」と英語の試験を痛烈に批判している。

こうした批判を受け，大学では試験問題の改善を行ってきた。しかし，思考力を見る問題に関しては，多くの場合で高校や受験産業に対応されている。例えば，大学側の意図として思考力を問う問題を出題しても，知識の暗記で対応できるなら暗記で済ませるほうが確実で早く，受験産

業や一部の高校ではそのように指導する。知識の暗記で対応できない場合でも，問題をパターン化させ，そのパターン化あるいはパターンの組み合わせで対応するように指導する。同じような状況は，判断力や主体性をみる面接でも見られる。高校側は，面接で予想される質問を生徒に練習させ，覚えさせる。

したがって，単に大学が「○○のような思考力を見る」という意図で問題を作成しても，無意味になってしまう場合が多く，知識の代用やパターン化に対応されない方策が必要であろう。実際に，筑波大学の入試においても類似の事例が発生していた。理工学群物理学類では，思考力をと問う問題を出題していたが，その意図に反して高校生が公式や例題に当てはめて考えるようになってしまっていた。そこで，現在は教科書を持ち込み可にして，思考力をと問うという意図を強く示すようにしている。

２．高校からみた入試評価方法の問題点の検証

２−１．学校訪問

高校からみた入試評価方法の問題点を検証するため，全国の高等学校等を直接訪問し，進路担当教員から情報を収集した。対象とした高等学校等は，筑波大学に進学実績の多い高等学校から全くないものまでを選んだ。また，上記の明らかになった地域性を考慮し，北海道から沖縄までの高等学校のべ 36 校を対象とした。特に今回は理数系の入試であるため，SSH 校や理数科を設置した学校を含めたが，SGH 校や専門高校等，より幅広い意見の集約に努めた。

その結果，昨年度と同様に高等学校と大学との間で，意見の相違があり，高等学校では一般入試で入学できない生徒を推薦・AO 入試で合格させたいと考え，大学が求めるような一般入試と同レベルの生徒は推薦・AO 入試ではあまり受験しないことが分かった。また，高等学校間でも，進学校と進路多様校，さらには学校の歴史や設置形態の違いでも，意見の相違があることが明らかになった。特に，基礎学力以外に見て欲しい力については，各校から様々な意見が出た。

同時に，新しい選抜法のアイデアを求め，さらに出てきたアイデアを高校で評価してもらうことを繰り返して，アイデアの精選を行った。

２−２．高校教員との情報交換会

平成 29 年 8 月 5 日（土），8 月 6 日（日），8 月 11 日（金・祝）に茨城県つくば市の筑波大学において，また平成 30 年 3 月 29 日（木）に東京都文京区の筑波大学文京校舎において，高等学校進路担当教諭と筑波大学入試担当教員の間で，情報交換会を行った。

進路担当教諭からは，入試制度改革による高校の負担増等，これから予想される入試改革への要望が寄せられた。

２−３．高校生の意見

平成 29 年 8 月 1 日（火）に茨城県つくば市の筑波大学を見学しに訪れた高校生 50 名を対象に

して，大学入試で求める力等を質問した。対象となった高校は，関東以外に位置する県内でも有数の進学校である。

大学を選ぶ時に重要だと思うことを聞いたところ，進学校の生徒が求める上位 3 位までが研究に関するものであった（図 2）。次に，大学入試で見て欲しい力を聞いたところ，知識や思考力の他にコミュニケーション能力というものが比較的多かった（図 3）。

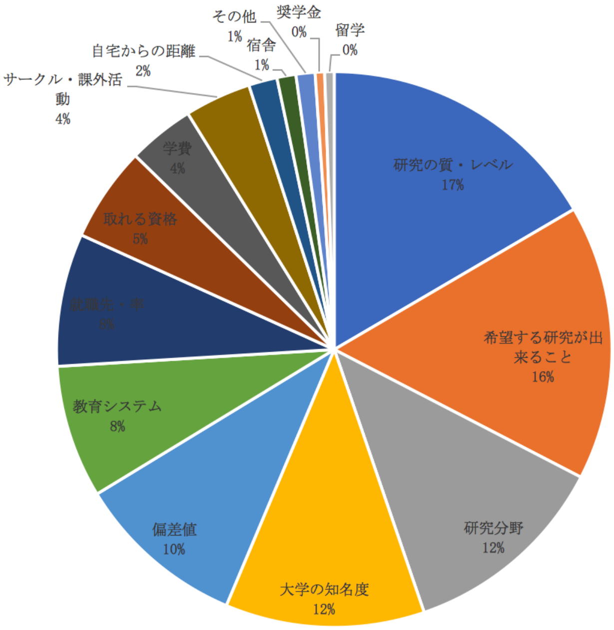


図 2．大学を選ぶときに重要だと思うこと

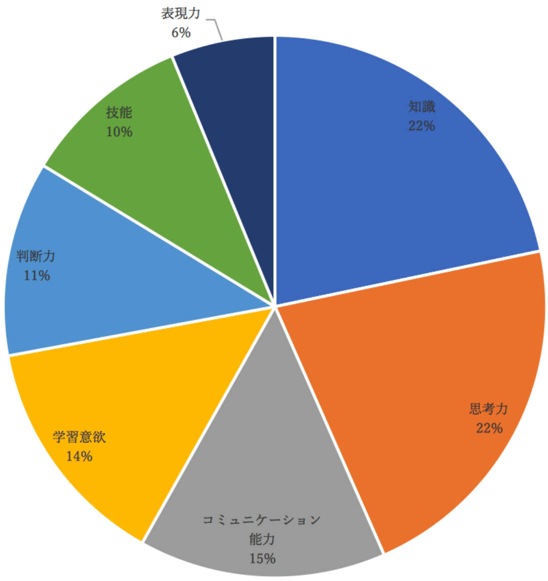


図 3．大学入試で見て欲しい力

３．基礎学力を担保する試験の利用法

３−１．外部試験利用に関する問題点

昨年度の調査において,過去に行った外部英語検定導入に関する批判を再分析した。その結果,経済的な負担，地域間格差，受験時期，学習指導要領との不整合，授業軽視等の現場の混乱等,様々な批判があった。中でも，公的な国立大学の入学試験に，外部の受験産業が介入することに対する強い批判は，大学内部からも出ていた。

３−２．基礎学力の評価方法としての SAT の利用

SAT は，米国において非営利法人である College Board が主催する試験であり，SAT Reasoning Test（旧 SAT I）及び SAT Subject Tests（旧 SAT II）からなる。試験は 1 年間 6 回程度実施され，繰り返し受験することが可能である。米国以外，例えば日本でも受験が可能である。出題は英語であり，Reasoning Test では，言語処理能力，文章表現能力，数的処理能力を，Subject Tests では各教科の学力を測る。

このテストの利用法を探るため，筑波大学の学生 133 名に，Reasoning Test の Math Section から「難」とされている問題 6 問を選び，解答させた。その結果，英語の出題であるにも関わらず，正答数の平均が 4.8 問となった。これは，SAT の数学に関しては，英語力不足のために解答できなくなるケースは少ないためであると考えられた。

もちろん，直ちにこれをこのまま日本の全ての高校生に当てはめることは難しい。しかし，AO 入試に関しては，一定の利用法があると思われた。そこで，これを利用した帰国生徒および私費外国人向けの入試「海外教育プログラム特別入試」として実施した。

３−３．基礎学力の評価方法としての A レベルの利用

平成 29 年 10 月 21 日(土)に秋葉原 UDX GALLERY において「英国留学フェア 2017」が開催され，それを視察したので，ここに報告する。

イギリスの公立学校の教育は 5 歳から 18 歳までの 13 年間で，初等学校 6 年，中等学校 7 年が基本的である。中等学校はさらに義務教育の 5 年間とシックスフォームと呼ばれる 2 年間に分けられる。独立学校には様々な段階と種類があり，伝統的なプレパラトリースクールとパブリックスクールがある。義務教育（5 歳〜16 歳）を修了するときに中等教育修了一般資格，GCSE（General Certificate of Secondary Education）を受験する。GCSE の成績評価は A から G の 7 段階で評価され，大学進学希望者は，通常 5 科目以上，一般的に 8 から 10 科目を受験する。シックスフォームでは，大学入学資格上級レベル GCE-A レベル（General Certificate of Education, Advanced Level）を 3 から 5 科目に絞り，専門的に勉強する。試験結果は A から E で評価される。イギリスの大学入学には A レベルを 3 教科で合格していること,GCSE の AS レベル(Advanced Supplementary Level）1 から 3 教科で C 以上があることが，最低条件とされることが多い。イギリス以外では，GCE-O レベル（Ordinary Level）を課す場合もある。イギリスでは，O レベルは GCE と共に 1986 年に導入された GCSE によって置き換えられて廃止された。2015 年の改革から，AS レベルが A レ

ベルの１年目という位置づけはなくなり，独立した試験となった。

A レベルについては，有用であり，留学生や帰国生を対象とした入試に応用できる。実際に，A レベルを利用した入試として，「海外教育プログラム特別入試（医学群医学類)」を既に導入済みである。しかしながら，SAT ほどの知名度と試験会場がなく，日本人を対象とした入試には不向きである。

３−４．基礎学力の評価方法としてのセンター試験の利用

上記のような状況を考えると，基礎学力を推薦・AO 入試で担保しようとした場合，利用可能な外部の試験としては，センター試験しか選択肢がなくなる。実際に，センター試験を課した推薦・AO 入試は既に行われている。利用法としては，センター試験を二段階選抜（足キリ）や最終判定に利用する方法，先に面接や小論文を行い，センター試験に合格基準点を設ける方法，先に面接や小論文を行い，合否を発表し，センター試験は受験推奨とする方法がある。

しかしながら，下で述べるように，センター試験への記述問題の導入により，大学入試センターから各大学への成績提供が従来より 1 週間ほど遅れる。こうなると,利用法が限られてしまう。

３−５．基礎学力の評価方法としての外部英語検定の利用

昨年度の調査において，外部英語検定導入について，批判的な意見は出ていることは事実である。しかしながら，理系の学生の大学院進学率が高く（筑波大では 80%程度)，理系の大学院教育で英語の必要性が極めて高いことを考えると，理数系の入学者選抜において何かしらの英語力を測る必要は出てくる。

2018 年 3 月 30 日に国立大学協会より「大学入学共通テストの枠組みにおける英語認定試験及び記述式問題の活用に関するガイドライン」が発表され，大学入学共通テストでの活用方法として，加点，資格，加点と資格の併用，という指針が示された。推薦・AO 入試においても，その活用法は改めて議論されるべきであろう。

４．求める学力の再定義

４−１．求める学力の再定義

高等学校学習指導要領の改定において，学力三要素，すなわち，①知識・技能，②思考力・判断力・表現力等，③学びに向かう力，人間性（＝主体性・多様性・協働性）が明確化され，大学入試においても学力三要素を問うことが求められている。各要素の詳しい定義は議論もあるが，ここでは以下のように整理した。特に思考力をさらに四区分に細分化し，第三要素には，継続性も入れて議論する。ただし，各要素は互いに関連し，必ずしも排他的に分類されている訳ではない。

まず思考力については，筆記試験の多くの場合は，きちんとした知識が前提となる。その一方で，面接や小論文においては，既存の知識によらない自由な発想も評価する場合がある。そこで，

これらを狭義の思考力と発想力に区別した。また，狭義の思考力の中にも様々な力があり，内容を理解する力，関連性を見出す力，発見する力，推論する力の四項目に分類した。同様に，主体性においても，思考力に基づく狭義の主体性と思考力によらない積極性を区別して，評価する場合があるので，二つに区分した。また，今回の学習指導要領およびそれに至る様々な会議では区別して議論されていないが，継続性も一つの重要な項目であり，しばしば面接や提出書類の評価項目になっている。特に理数系で求められている「理数探究」での研究においては，重要な項目である。

表 2．本報告書で用いる学力の定義

<table>
<tr><td rowspan="2">第 1 要素</td><td colspan="3">知識</td></tr>
<tr><td colspan="3">技能</td></tr>
<tr><td rowspan="7">第 2 要素</td><td rowspan="5">思考力</td><td rowspan="4">思考力（狭義）</td><td>内容を理解する力</td></tr>
<tr><td>関連性を見出す力</td></tr>
<tr><td>発見する力</td></tr>
<tr><td>推論する力</td></tr>
<tr><td colspan="2">発想力（知識を必要としない思考力）</td></tr>
<tr><td colspan="3">判断力</td></tr>
<tr><td colspan="3">表現力</td></tr>
<tr><td rowspan="5">第 3 要素</td><td rowspan="2">主体性</td><td colspan="2">主体性（狭義）</td></tr>
<tr><td colspan="2">積極性（思考力を必要としない主体性）</td></tr>
<tr><td colspan="3">協働性</td></tr>
<tr><td colspan="3">多様性</td></tr>
<tr><td colspan="3">継続性</td></tr>
</table>

4−2．求める学力の再定義とアドミッションポリシー

上で行った高校訪問の際に，高校側から指摘されたのが，アドミッションポリシーの不明確さである。現在各大学は，アドミッションポリシーを公開して求める人材を明確化することが求められているが，実際は極めて抽象的な表現が多い。また各大学は様々な入試を実施しているが，各入試で求める人材の違いが高校側に伝わっていない場合も多い。このため，例えば推薦入試において，高校が作成する推薦書において何を強調するべきかが高校教員は判断できないそうである。

そこで，今後の入試においては，上記のような表を用いて，各入試の違いを明示することが肝要だと思われる。

5．新たな選抜手法の開発および新しい AO 入試の提案

5−1．合同コンテスト選抜法

科学コンテストや発表会の参加や受賞は，既に推薦・AO 入試の出願要件や評価項目に加えられている場合も多い。同時に独自の科学コンテストや研究発表会を主催している大学も少なくない。形式としては，大学で指導をして成果を発表するもの，県内や近県の高校で行った研究を募るものと様々である。特定の学部や特定の教員だけで運営されている場合も多く，かなりの負担を強いられている。

しかし，それらに参加した高校生の多くは他大学に進学してしまう。純粋に社会貢献と考えればよいのかもしれないが，自分の大学に進学して欲しいと考える場合も少なくない。

そこで，複数の大学が合同で科学コンテストを主催し，その成績を入試で利用する方法を検討した。採点は，統一の基準を設けて共同で行うこともできるが，各大学独自の基準で行ってもよい。利用法としては，一定の成績を出願要件や評価項目に加える方法を採用することもできるが，科学コンテストでの採点や講評をそのまま入試に利用することも可能である。合同で行うので，教員負担が減ると同時に参加者数の増加も見込める。

問題点としては，科学コンテストが入試に直結する印象が強くなると，その大学を志望しない生徒の参加が減ることである。また，主催する複数の大学のうち特定の大学にしか興味がない生徒の割合が増えれば，マッチングの問題も発生する。

もちろん，合同とせずに単独の大学で入試に特化した科学コンテストを開催する方法も今後検討されるべきだろう。

5−2．高校教員採点法

今後の入試では学力の第三要素「主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度」を評価することが求められる。しかし，この評価は単純ではない。面接や書類で審査したとしても，客観的に採点し，差を付けることは難しい。高校側は，採点基準の明確化や透明性を求めるが，具体的な採点基準が公開されれば，それに「対応」した指導が取られ，ますます評価が難しくなる。実際に現状の面接においても，高校生の受け答えは画一的である。

今後調査書の改定やｅポートフォリオの導入があれば，書かれる情報量は格段に増え，多くの情報からどの項目をどう評価するかが問題となる。また，何か特別な活動を行わなければ主体性や多様性が評価されないのではと懸念している高校教員も多い。

そこで，高校が採点した点数をそのまま入試で使用することを検討した。第一の目的は，入試の透明性を高め，高校の通常の教育活動を評価するメッセージを送ることである。すなわち，高校で普通に頑張っていれば 9 割の得点になるように点数を設定する（表 3)。基本的に調査書を根拠にするので，賞状や成績証明書の提出は求めず，可能な限り簡略化する。入試得点に対する配点も，最大でも総点の数パーセント以内とする。

表 3. 採点の例.

評価	基準	得点
A+, A++	調査書に記載され，客観的に評価されている。	10
A	調査書に記載されている。	9
B	調査書に記載されていないが，実態はある。	8
C	あまり実態がない。	4
D	全く実態がない。	0

項目は以下のように，数個設定する（表 4)。当初は抽象的な項目も検討したが，高校から採点が難しいとの指摘を受け，可能な限り具体的な項目にした。

問題点としてまず指摘されたのは，基準を公開し，調査書を利用して大学が採点すればよいというものである。しかし，敢えてこれを高校に求めるには二つの理由がある。まず，調査書の各項目においてほとんどを「特になし」と記入する高校がいまだにあることである。また，調査書の改定やｅポートフォリオの導入によって情報量が増えれば，大学として要約がないと採点できないことも十分考えられる。

また，ほとんどが A を付け，差がつかないという指摘も受けた。しかし，この点については，無理に差をつける必要がないと考えている。この採点で評価が悪くなるのは，学校行事に全く参加しない等の極端な生徒である。一方，全国大会で優勝しても，県の地区予選 1 回戦で負けても，10 点中 1 点しか差がつかない。この方法は主に学力の第三要素に対する評価なので，特別な活動や受賞歴等は，別の項目で評価すればよいだろう。

高校教員の負担増に繋がるという意見も寄せられたが，現状の推薦書にかなりの量を求める大学もある。そこで，推薦書の代わりに，あるいは推薦書の一部に組み込んで利用すれば，負担は回避できると考えられる。

この方法は推薦・AO 入試での利用を考えているが，一般入試での利用にも発展させることも検討した。しかし，さらに多くの問題点を指摘された。まず，国立大学の一般試験には間に合わないという点である。単に担任が評価すればよいというものではなく，評価である以上，会議や決済が必要とのことである。最初から志望校を決めていればよいが，センター試験後に志望校を変える場合はかなり作業日程的に厳しい。また，高校教員の負担が増え，特に各大学が異なる評価表を求めるようになれば煩雑になり，高校側の混乱が予想される。既卒生に対しての問題もあり，特に卒業後かなりの年数が経過した生徒に対しての対応は無理であろう。

表 4．採点項目の例.

項目	評価	記載例	該当する調査書の箇所
部活動等	A++ A+ A+ B C D	選抜されて全国大会以上に出場した。 選抜されて県大会に出場した。 部活動に取り組んだ。ボランティア活動に参加した。	「指導上参考となる諸事項」（3）部活動，ボランティア活動等
研究活動・資格等	A+ A B C D	資格△△（英語を除く）を取得した。研究で学外から表彰を受けた。 教科○○を熱心に勉強した。研究を行った。	「指導上参考となる諸事項」（4）取得資格・検定等，「総合的な学習・評価」課題研究も含む
生徒会・委員会・学校行事等	A+ A+ B C D	生徒会長（各委員会の委員長）に任命された。 各委員会の委員に任命された。クラスで係を務めた。	「特別活動の記録」
正課外の活動等	A+ A+ B C D	自主的に××の研究をし，学外から表彰を受けた。 自主的に××の研究をした。□□に参加した。	「指導上参考となる諸事項」（5）その他
協働性	A+ A B C D	部長として部員をまとめた。 他の部員と協力して部を支えた。実験で他生徒と協力した。	「指導上参考となる諸事項」（1）学習における特徴等，（2）行動の特徴・特技等

5−3．自己採点法（センター試験と前期日程の間に実施する入試対象）

センター試験への記述問題の導入により，大学入試センターから各大学への成績提供が従来より 1 週間ほど遅れる。これまでセンター試験後に出願し，センター試験の得点で第一段階の選抜を行う推薦・AO 入試は，日程的に非常に厳しくなる。センター試験は曜日固定だが，前期試験は日付固定なので，年によっては日程的に不可能になる場合もある。そこで，自己採点を利用して第一段階の選抜を行い，大学入試センターから成績提供を待って最終判定する方法を検討した。

第一段階での絞り込み（足切り）によって，可能性の少ない受験生は早く前期日程に向けて準備して欲しいという配慮と，人数が増えすぎると面接が実施できなくなる可能性があるためである。最終的な選抜については，大学入試センターから提供される正規の得点を使い，面接員に自己採点得点を見せない等の方策は必要である。

これに対する指摘は，そもそも不確定な点数で選抜を行ってよいかという問題である。この点については慎重な検討が必要だろう。

また，自己採点は実際の得点と 10 点以上異なる場合も珍しくなく，不公平性も指摘された。もし自己採点を高く見積もってしまった場合は，正規の得点を判定に使い，正規の得点が第一次選抜基準点より下回った場合は，どんなに二次試験の得点が高くても不合格とすることで対応できる。しかし，低く見積もってしまい，本来なら二次試験でも高得点が取れる生徒に対しては，対応できない。もし足切りを避けるため意図的に自己採点を高く申請する受験生が出た場合には，深刻な問題へと発展するかもしれない。

5−4．大学オファー法

学生科学賞をはじめとる科学コンテストの受賞者や科学オリンピックの上位入賞者を推薦・AO入試の資格要件にする大学は多い。しかし，志願者は期待したように集まっていない。そこでこの方法では，大学から資格要件および大学アドミッションポリシーを満たしていることを生徒に伝え，より積極的に該当者の受験を促すものである。進路多様校の場合，本来なら十分に合格できる実績を持った生徒が，この程度の実績では無理だろうと諦めてしまう場合も多いそうである。
実際にこれに類似することは，スポーツの分野では既に行われている。

5－5．大高接続法

高大接続が繰り返し強調されてはいるが，これまでの高大接続における情報の流れは高校から大学への一方通行（高→大）であった。そこでこの方法では，大学成績等の情報を積極的に高校へ提供する（大→高）。既に多くの大学で保護者への成績通知は行われ，一部の大学では高校への成績通知も始まっている。
高校を訪問した際に卒業生の大学成績や様子を聞かれることがある。高校で伸びると思った生徒が大学で実際に伸びているか等が知りたいとのことである。これは，どのような人材がどの大学あるいはどの学部・学科に向いているかを見極め，適切な進路指導がしたいという考えからである。
問題となるのは，個人情報の保護であるが，入学時点で了解を取れば，それほど難しくはないだろう。

5－6．中大接続法

推薦・AO 入試の資格要件に関する内容は，ほとんどの場合が高校での取り組みである。しかし，1998 年の学校教育法改正により，中等教育学校という新しい設置形態の学校が誕生し，中高一貫教育が増えてきている。また，中学校で優れた研究を行った生徒が，高校では受験に専念する場合も珍しくない。そこで，資格要件に中学校の成果を加え，高校の基礎学力を合わせて評価し，中高大という長いスパンでの接続を促す。

5－7．外部面接員法

面接員の中に，企業等の人事を担当している方を加える。職種間あるいは企業間での違いが大きいと予想されるので，一人が一区分すべての面接を担当できる少人数の入試では実現可能であろう。
ただし，入試の守秘性や公平性から誰を面接員とするかについては慎重に検討する必要がある。

5－8．新選抜法に対する評価

平成 30 年 3 月 29 日（木）に筑波大学東京キャンパス文京校舎にて開催された公開シンポジウムの出席者に，上記の新選抜法に対する評価を 5 段階で求めた。

その結果，88 名の有効回答を得た。一部の回答が未回答のものもあったが，回答のあった項目は全て集計し，平均点を算出した。「望ましい」を 1 点，「少し望ましい」を 2 点，「どちらでもない」を 3 点，「あまり望ましくない」を 4 点，「望ましくない」を 5 点として評価し，その平均点を求めているので，平均点が 3 点より低ければ肯定的，3 点より高ければ否定的な意見となる。
その結果，高校教員採点法と自己採点法が否定的な意見となった（表 5）。

表 5. 新選抜法に対する評価.

方法	評価
合同コンテスト選抜法	2.20
高校教員採点法	3.61
自己採点法（センター試験と前期日程の間に実施する入試対象）	3.56
大学オファー法	2.00
大高接続法	1.72
中大接続法	2.56
外部面接員法	2.79

5－9．新しい AO 入試の提案

上記のアイデアを取り入れた新しい AO 入試を現在作成中である。

6．一般への啓発活動

6－1．公開シンポジウム

平成 30 年 3 月 29 日（木）に筑波大学東京キャンパス文京校舎にて，公開シンポジウム「新しい入学者選抜法の開発に向けて」を東京工業大学および主体性分野の主幹校である関西学院大学と合同で行った。案内状およびパンフレット（図 4），全国の高等学校 1,090 校，高等専門学校 62 校，および筑波大学附属校 7 校に送った。
参加者は，高等学校等教諭，保護者，高校生，大学生等，約 100 名である。内容は「大学入試改革の現在」島田康行（筑波大学・アドミッションセンター長），文部科学省大学入学者選抜改革推進委託事業（主体性等分野）～Japan e-Portfolio の活用について～」尾木義久（関西学院大学・高大接続センター次長），東工大における多面的・総合的評価の試み」武田行生（東京工業大学・入試実施部門長）であり，これらの後，質疑応答を行い，有意義な情報交換を行った。

図 4．公開シンポジウムのチラシ

早稲田大学

委託業務成果報告

本学でこれまでに実施してきた科学コンテストの実績を踏まえて、本年度は特に数学コンテストの活用による AO 入試の制度設計に向けてその試行を企画・実施した。具体的実施内容と成果は以下の通りである。

１． 企画立案と対象モデル校および協力大学の選定（4～5 月）

全体企画と運営は、早稲田大学（西早稲田及び北九州キャンパス）にて行った。また、本学北九州キャンパスを活用した高大連携を機会として、地方創生にも貢献するため、モデル校には北九州地区に位置し、既に本学とも交流実績のある福岡県立東筑高校を選定し、同高校数学担当教諭の協力を得て実施計画を策定した。講師陣の派遣等については、九州大学大学院数理学研究院に連携協力を依頼してコンテスト実施に向けた計画を立案した。

福岡県立東筑高等学校

- **創立 120 年、北九州市随一の進学校**
- **SSH (5 年目) を通じて本学北九州キャンパスとも交流実績**

企画の概要：

大学側から高校生(２年生)を対象として数学に関する講演を行い、それに関連して数学の研究テーマを高校生に提案してもらう。それを大学教員が高校教員と協同して指導して，論文に仕上げる。それを評価するために数学コンテストを開催して発表・審査評価を行う。試行としては３回程度の大学教員の講義を行い、その後継続して論文作成、発表方法の指導助言を行う。総仕上げとして、成果発表会を開催し高大両者からの総括評価を行い、AO 入試へ向けてその活用法を検討する。

２． コンテストに向けた取り組みの実施（6 月～2 月）

高大連携による数学コンテストに向けて以下の取り組みを実施した。

i． 高校側があらかじめ選定した約 40 名の２年生を対象に、九州大学大学院数理学研究院の教授３名(代数・幾何分野２名、解析分野１名)による３回の特別講演会 (6 月 1 日、9 日、15 日) を実施した。

講演タイトル：「微分方程式」・・・辻井正人教授、「結び目と素数」・・・森下昌紀教授、「自然数の累乗和とベルヌーイ数」・・・金子昌信教授

何れも高校の学習指導要領の範囲を超えたものであったが、講演後のアンケート調査の結果では、約半数が講演内容のレベルが高いと感じているが、約８割の生徒が「数学的興味・関心を喚起さ

れた」と答えている。その後引き続いてテーマ研究に取り組む生徒の選定に入り、高校の数学担当教諭の助言のもとに、いずれも生徒達が自主的にテーマを設定し次の 3 つの班を構成した：
「微分方程式」:7 名、「結び目と素数」:3 名、「自然数の累乗和とベルヌーイ数」:1 名

ii. 高大連携により継続的にテーマ別の個別相談を行い、本学担当者が東筑高校および九州大学を適宜訪問して、円滑な指導の実施と進捗状況の管理に努めた。具体的には以下の指導を実施した。

① メールによる相談：テーマにより異なるが適宜実施して課題探究・論文作成を指導

② テーマ選定後の相談会（対話形式）：九大側から東筑高校を訪問して 8〜9 月に延べ 4 回実施

③ 大学への訪問相談：一部のテーマについてはメール相談をさらに詳細化し、発展させるため、生徒を九州大学へ招聘して個別指導を行った。

iii. 本取り組みの総仕上げとしてテーマ発表会を開催し、高大連携指導の総括評価を行うとともに、AO 入試に向けてその成果を考察した。発表会は 2018 年 2 月 22 日に『高大連携による数学課題研究成果発表会』というタイトルにて東筑高校を会場として開催し、早稲田大学、九州大学と東筑高校の関係教員参加のもと、各班代表生徒による研究成果発表と質疑応答および大学側による講評を行った。その後に別室で関係者による本取り組み全体への意見交換と総括討議を実施した。なお、発表会当日のテーマとその内容は次の通り：

・**「18.44 の軌跡」**（「微分方程式」から発展したテーマ）

・・・投球したボールがなぜ 18.44m 直進できるかの流体力学的考察。ボールの回転による力の導出式を用いてコンピュータシミュレーションを実施。テーマの内容に魅せられて将来進路を方向付けられた生徒も。

・**「結び目〜The Theory of Knot」**（「結び目と素数」から発展したテーマ）

・・・結び目がジョーンズ多項式という代数概念で特徴づけられることへの興味を啓発される。アレクサンダー多項式とジョーンズ多項式による特徴付けの相違にも関心。結び目理論への学習意欲から数学への新たな感覚・視点を見いだす。

・**「近似多項式」**（「自然数の累乗和とベルヌーイ数」から発展したテーマ）

・・・ベルヌーイ数の導入説明から、Taylor 展開への関心がわく。複雑な関数がなぜ多項式で表現できるかの理論的・実際的興味を啓発される。「教えられる」という受け身的な学習でなく、自ら公式を予測し証明するなど探求心も旺盛。

これらの発表テーマは、何れも i. の講演テーマに関連して設定されたものであるが、さらにそれを発展させたタイトル・内容となっており、卓越した数学的センスを窺わせるまとめの論文や発表も見られた。

３．成果の考察と展望(3 月)

① 大学教員による特定のテーマに対する高等学校教育の枠を超えた指導を、長期間にわたって継続することで、多様な教育効果の可能性を探ることができた。

② 自発的な理系の思考力を啓発・涵養する高大連携教育（人材育成）に対する知見が得られた。

③ 数学コンテストにもとづき「自ら育つ力」を見出す新たな AO 入試制度への示唆を得た。

東京工業大学

委託業務成果報告書

【事業目標】

小規模（50～100 人）を想定した理数分野における学力の 3 要素を多面的・総合的に評価する入試手法の開発等を行う。

１．　業務の実績

（１）　業務実績の概要

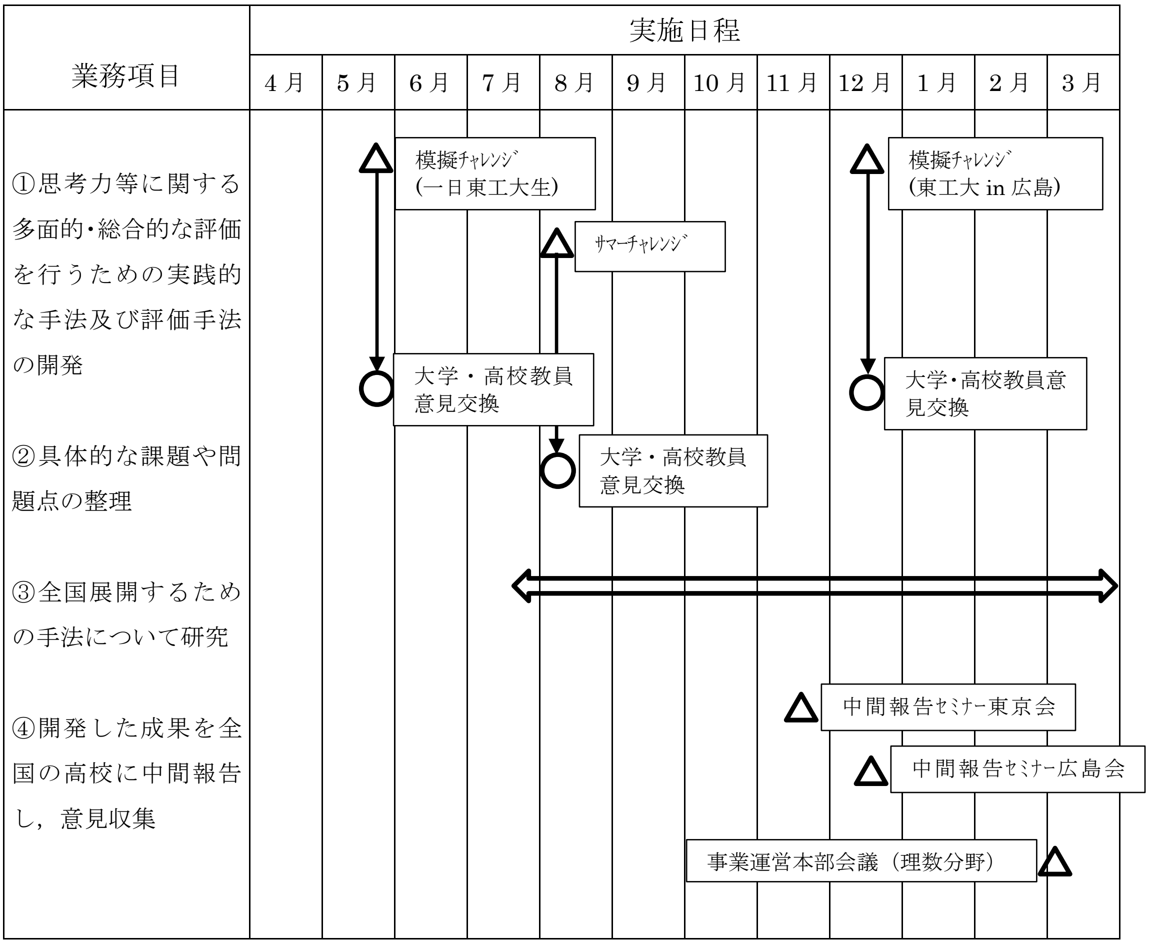
本年度の事業計画は，本学が担当するおおよそ 50 人までの小規模入試において新たな多面的・総合的な評価を行う入試モデルの構築を進めていくにあたり，次の 3 点を主な計画とし，実施した。

① 新たな入試モデルについて，実施可能性を検証するための模擬テストを実施する。
－これまで，検討を行ってきた新たな入試モデルについて，実施可能性を十分に担保するために，実際の入学試験に近い環境･条件における試行を行うことを前提に，スケジュール，試行形態，実施内容，評価方法などを検討し，実施した。

② 現在までの検討状況について，広く周知するとともに，大学・高校関係者と意見交換を行って，新たな入試モデルの構築に必要な情報を得る
－模擬テストや，平成 16 年から本学で研究している思考力等に関する多面的・総合的な評価しているサマーチャレンジを中心とした高大連携特別入試について情報提供を行って，他の大学教員や高校の教員と，実施手法，評価方法，入学後の状況等について，課題・問題点等を検討した。

③ 最終的な入試モデルの構築の検討を行うとともに，その実証のための模擬テストについて具体案を策定すること
－①，②を踏まえて，実施可能性を十分に担保するために最終的な形式を検討するとともに，改善を加えた模擬テストを次年度当初に実施することとし，実施に向けた準備を行った

（2） 業務の実施日程（平成 29 年度）



（3） 各事業の説明

（ i ）新たな入試モデルについて，実施可能性を検証するための模擬テストの実施

本学は高大連携教育の新しい試みとして，高校生に本学キャンパスにおいて，一日かけて講義聴講や先輩との交流などを体験するイベント「一日東工大生」を開催している。このイベントの中で，本事業の研究開発を兼ねて模擬講義形式の授業（「チャレンジ A」と「チャレンジ B」）を行うこととし，本学へ入学実績のある高等学校 17 校から各校最大 15 名，全体で 216 名の生徒の参加を得て，入試を想定した模擬チャレンジを実施した。また，高校へは教員の参加も依頼し，模擬チャレンジ終了後，高校・大学教員による意見交換会を実施し，本模擬チャレンジへの評価などのほか，下記項目などを中心に新たな入試モデルへ広く意見聴取を実施した。

1） 高校の教育において，問題とされる従来型の知識暗記型教育の現状と問題点

2） 高校の教育における，創造性やディスカッションを重視する先駆的な取組の現状と問題点

3） 大学入学者選抜において，知識暗記型教育で詰め込まれた能力以外の能力を，総合的・多面的に評価するために必要な入試手法

4） 大学入学者選抜において，総合的・多面的な評価を取り入れることができない問題点と可能な条件

（模擬テストの開催概要）
1．日程：平成 29 年 5 月 28 日（日）
 9 時 40 分～15 時 40 分 高大連携教育「一日東工大生」（生徒・教員参加）
16 時 00 分～17 時 00 分 意見交換会（教員のみ参加）
2．場 所：東京工業大学 大岡山キャンパス
3．参加者：高等学校 17 校，全体で 216 名
4．実施チャレンジ
①「音声認識」（情報系）―講師：篠田浩一教授（情報理工学院）
コンピュータが人の声をどう「聞いて」いるのか？いろんな声でいろんなセリフをマイクに吹き込んでスペクトル分析してみる。
②「ヒドラ観察」（生物系）―講師：立花和則准教授（生命理工学院）
シャーレ上のヒドラを顕微鏡で観察し，ピペットでエサをあげて，何が起こるか観察する。

模擬チャレンジ　評価シート集計及び意見交換事項（抄）

1.　チャレンジの内容について

チャレンジ A（午前）　「音声認識」

［興味深かった点や評価できる点］

課題 1～3 への流れがよく、それぞれで違う能力をみることができる。

急速に実用化されるようになった音声認識に使われている考え方の一部を知ることで、他に便利に利用しているものにはどのような考え方や技術がかくれているのか興味がわきます。設問もよかったと思います。

「似ている」ことを点数化して計算するところを人力でたってみるのは面白いし、「アルゴリズム（よいアルゴリズム)」を意識させるのは面白かったです。

課題が評価をひくもので面白かった。その場でデータを集めて解析する事が良かった。

身近な題材を使い PC を使った分析や個人ワークがあり高校生でも取組みやすく良かった

記号列の考え方は高校生には若干なじみ辛い内容と思いましたが、とても丁寧に解説をしていただいたこともあり、生徒も容易に内容や課題に取り組めていたと思う。

課題の内容と展開は、生徒の興味関心を引き、思考を積み重ねていくのにちょうどよいものであった。グループワークによい課題である。

コンピュータを使って自分の事を分析し、少しずつ難しいところに進んでいくところがとてもよかったと思います。

実験や計算のグループ学習で、行動力、思考力を発揮することができる。

使ったことのある技術の中身を知ることができた点。

「声を出す」必要がある課題のため自然とアイスブレイクが出来ていて一石二鳥である。

音声認識の仕組みを簡略化して具体的に示していた点。

東工大志望者ということでパソコンに興味のある生徒が多く感じました。

多くの生徒が積極的に参加できており、協働の課題として参考になった。

生徒にとって未知の事への誘導（導入）がスムーズに行われているように思いました。

題 1・3 のような個人の論理、思考力を見るものは、時間が長ければ目立つ生徒以外の力も判断しやすい。

特別、発言力が強い生徒がいるグループに所属するかどうかで、良さが埋もれてしまう者もあるかと思い、評価することの難しさを感じた。

グループ作業において、初対面どうしということもあってか、なかなか作業がスムーズに行かないグループもあったようなので、サマーチャレンジの「コラムランド」の縮小版のようなしかけを設定した方が、よりスムーズに行くように思いました。

時間的制約もあろうが、課題 1 をもう少し時間をとり、いろいろな方法で分析させ、各班の発表をするとよいと感じた。しかし、そうなると課題 3 は宿題となってしまうが、「それでもいいのでは」と思った。

発表するときに紙を使ってやっていましたが、タブレット等を使って説明させるのもいいのではないかと思います。

最後の計算の回数の定義がわかりづらかったと思いました。

チャレンジＢ（午後）　「グルメなヒドラ君」

［興味深かった点や評価できる点］

どの生徒にも取り組みやすい。気配りなどの人柄をみることができる。

たまたま通りかかったエサを食べる人生（?）と信じていたヒドラを観察、考察できたのは興味深かったです。

基本的な実験についての技能、何度か条件をかえて試すことなど、科学の基礎的な能力を評価しようとしている点はよかったと思います。

条件を変える事で、生物の摂食行動に差がでるのが見て分かること。

単純な生物の観察はわかりやすく、物理選択の生徒にも興味がもてたと思います。

ディスカッションの時間と取って自由にグループ内で意見交換する時間があったのが良かった。

各自の考え方を深く行わせるためにはよい。観察の観点の自由度はチャレンジＡよりはなく、思考力を評価するにはよい模擬授業であると思う。

・ヒドラを観察しながら、考察ができる点がとてもよかった。

・実験のポイントもわかりやすくてよかったです。

観察する中で、コミュニケーションをとりあい、意見を言い合うことができる。

初めて接する生物であったためか非常によく観察していた点は興味深かったです。

観察ということなので、チャレンジＡに比べ時間にゆとりがあった。

観察や発見の経験が実際に与えられた点。

［疑問点や改善ポイント］

討論とまとめ作成に入るまで、個々の力は見えにくい。思考力や取り組みの姿勢もつかみにくいので、途中で一度、小課題発表などがあってもよいか。

生物分野の観察に慣れた生徒が多くなかったのか、あるいはお互いを知る時間が不足していたのか、議論の深まりが思ったようにはいっていないように思いました。

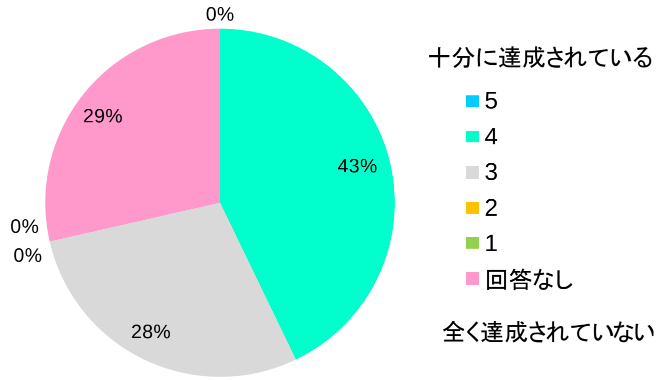
どうしても生物を扱うとなると個体差がでてしまうと思う。ここをどう平準化するのか（できるものか）気になりました。

顕微鏡をパソコンに映した時に、照明等で見にくい班があったこと。

抽出した⇒何が残っているものなのかが分かりにくい。何のためにエサを与えるのか(1),(2),(3)が、誘導というよい答えに近くなってしまっている。

2.　チャレンジの意図について

未知のものにぶつかった時の柔軟な発想力や初対面のメンバーとのグループワークなど、通常のペーパーテストでは測れない資質を生徒から引き出し、それを評価しようというのがチャレンジの意図ですが、全体として、どの程度達成されていると評価されましたか？　（5 段階評価で）



［コメント］

A と B で異なるので、チャレンジ A についての評価です。チャレンジ B では個人の能力の差はやや見えにくいと感じました。

チャレンジがはじまる前に、この実習によってどのような力をつけるためのもので、このようなグループワークにおいて、自己評価するときの観点（裏面の評価点のようなもの）を提示しておくと、生徒達は努力の方向性をもって参加できる。その方が生徒達が取り組みがしやすいと思う。

今の高校生には難しすぎる。しかし、こういうことのできる生徒に育てたい。

時間的に打ち解けるのが難しいようでした。もう少しアイスブレイクに時間をとりつつ基礎講義の時間ももう少し必要かと 2 時間程度のプログラムでは十分に評価するのは難しいのではないかと。

入試として考えると、一テーマでは、その生徒を測るのは厳しい気がする。2～3 テーマで各 1～2 課題は最低でも欲しい。

やはり短く、発表がない点

講義のみより、生徒の動きが分かる。

評価できていると思う資質をご選択ください。（複数回答可）

□　基礎的な知識・技能の獲得、学習姿勢

（例）　・講義内容を正しく理解できる

・課題に対して、正しいアプローチをとっている

□　柔軟な思考と斬新な発想力

（例）　・講義内容を応用して新しい視点から考えることができる

・与えられた課題に対して、様々な角度から深く探求できる

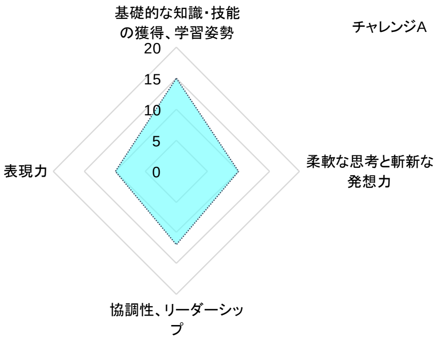
□　協調性、リーダーシップ

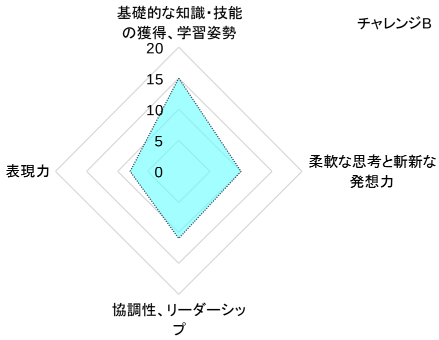
（例）　・グループワークにおいて行われている探求に積極的に貢献できる

・グループの議論を俯瞰的に理解し、方向性を示せる

□　表現力

（例）　・班員に対して自分の考えを上手く伝えることができる





*チャレンジ A と B で評価が違うため、集計グラフを分けた。

上記以外に、評価できていない、あるいは評価に加えるべきとお考えの資質はありますか？

［評価するのは短時間なので､］粘り強く取り組む､発言の控え目な生徒は良い点は見えにくい｡
小レポートのような形でまとめる能力（紙の上)、英語のディスカッションも面白いか？（やや不安もあり）
・PC アプリを利用する力がないと「チャレンジ 1」は細かく分析することができないので、道具をちゃんと利用できることも大切だと思います。
評価に加えるべき：行動力・共有する力。チーム全員で課題を共有し、解決していこうという姿勢
あまり主張しない（内向的な）生徒の理解力
実験課題を与えるのであれば、器具・試薬、サンプルを余分に用意して最後の 10 分ぐらいでこれらを自由に使用して追加実験させるというのはどうでしょうか。自ら課題を考えて結果を導いて考察することも可能であると思います。

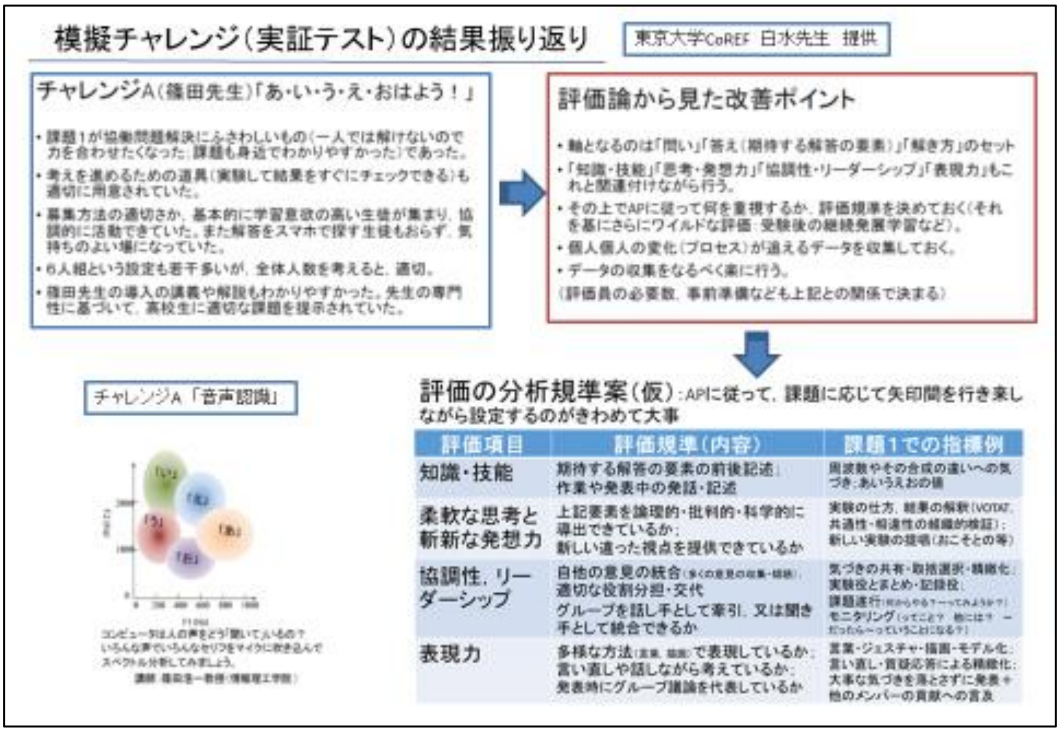
3.　高校現場との接続について

学力以外に貴校で力を入れて育成しておられる生徒の資質について、大学入学の際にこの点を評価してほしいというご要望がありましたら、お教えください。

発言は少ないが、手と頭をきちんと動かし、人のために働くことができる生徒も評価して頂けたらと思います。
英語で文献を読み議論ができること等
本校はサマーチャレンジ等で「総合的な学習の時間」の成果を評価の対象としていただいているが、一般の高校生においては「総合」における探究活動は（少なくとも入試において）あまり評価していただけていないと思う。
これからプレゼン能力をつけていこうと考えております。
本校では以前よりアクティブラーニングを教育内容に取り組んでおりますので、その部分を評価していただけるような入試を導入していただければと思っています。既に AO 入試において導入されていることは十分に承知していますが、なかなか AO 入試の実態が生徒に伝わってないように思えますので、広報上のアピールをもっとやっていただけると、志望者も増えていくと思います。
課題設定力、科学的思考力、協働性、プレゼンテーション力、意欲や興味関心の強さ。
高校までの勉強をしっかりと教えています。高校の範囲を越えたものでなく、高校の範囲で考えられるようなものの評価及び行動力も育てているのでその面も評価して欲しい。
学校行事への取り組み、積極的に物事に取り組む、その時に様々な事を考慮し皆ができるだけ楽しめるように考え実践していくことに力を入れています。表に出にくい裏方の仕事やサポートをしっかりしているというようなところも評価していただければと思います。

グループ内で発言すること、人の話を受け入れること（分かち合うこと）に関しては力を入れております。また，実験・観察→スケッチ、レポートの書き方はかなり多く取り入れ、基礎的な考え方、まとめ方を学習しています。
ですので，チームの一員としての資質（協調性、積極性）を評価していただきたい
本校の教育目標は「社会に貢献する自立した女性の育成」です。そのために単なる座学だけでなく実験・実習を重視し、学校行事も生徒中心に運営している。大学入試においても実験力やレポートの作成力、行事などの企画・運営力を評価する仕組みを期待する。
理科について、実験レポートの作成。
英語でのコミュニケーション能力、表現力
主体的に取り組み、発想を柔軟にする力。
じっくり考える力を持つ子も評価してもらいたいと思います。
実験実行力・実験方法の組立て、実施、改善、再試行など。
学力以外の評価というのは、評価側の基準の統一、かける人数など大学入試としては非常に難しいと感じます。まずは、学力による絞り込みもやはり必要であると感じる。その上で、学校外などの留学や体験プログラムへの積極参加などを評価してもらえるとありがたいと考えます。
自由な発想力、全科目にわたる教養的な基礎力。

＜課題＞



（ⅱ）本学で現在実施している高大連携特別入試の分析を行って，新たな入試モデルの構築に必要な情報を得ること

平成 30 年度高大連携特別入試の現状分析

【平成 30 年度高大連携特別入試―サマーチャレンジの概要】

日時：2017 年 8 月 8 日～10 日

場所：埼玉県比企郡嵐山町 国立女性教育会館

参加生徒：64 名

（東工大附属 35 名，お茶大附属 8 名，学芸大附属 10 名，協力参加校 9 校 11 名）

参加教員：46 名（東工大教員 31 名，引率高校教員 9 校 15 名）

事務職員：9 名　　合計：119 名

実施講義：各講義では，生徒は 6 名程度のグループに分かれ，グループワークを通じて課題を解決していく。

１．　コラムランド（工学院 経営工学系 山室恭子教授）
　　事前に各自が執筆してきた短い文章を，匿名の状態でディスカッションして評価しあう。

２．　お役立ちポリマー ―ペットボトルの「おへそ」のわけ―
　　（物質理工学院 応用化学系 石曽根隆 教授）
　　身近な物品である，ペットボトルや発泡スチロールをよく観察し，どのように作られているかグループでアイデアを出しあって考え発表する。

３．　ボールペンの書き味とは？ ―夏休みの自由研究―
　　（物質理工学院 材料系 上田光敏准教授，篠崎和夫教授）
　　何種類ものボールペンと紙を用いて（ペン先，インク，紙との相性，筆圧など），ボールペンの書き味を決める因子を考える。アナログキッチンタイマーを分解または観察し，その仕組みを考え精度を検証する。グループワークを通じて様々なアイデアを出しあって機能を解明し，その成果を翌日発表する。

４．　電気をどうやって送りますか？ ―直流か交流か，それが問題だ―
　　（工学院 電気電子系 安岡康一教授）
　　知っている単位記号を全部書き出し，電気の単位を確認した後，直流電気が届く距離を計算し，三相交流の利点を数式で説明する。電気を送る直流と交流の違いを考え，自分たちが家を建てる時の配線は直流と交流どちらにするかグループで討論し発表する。

５．　分子建築学 ―自己集合により超分子を設計してみよう―
　　（理学院 化学系 河野正規教授）
　　分子の構造や立体について考え，球体の超分子の用途について発想する。細長い紙をひねったり，切ったり，結合しながら実際に超分子を設計する。

６．　情報をコントロールせよ！ ―シナプスの精妙なるメカニズム―
　　（生命理工学院 生命理工学系 一瀬宏准教授）
　　脳の機能の特徴を知り，治療薬をとおして化学物質による伝達メカニズムを理解する。脳の研究によって，実現したいアイデアを研究プロジェクトのように各グループで立てる。自由に様々なアイデアを議論し，模造紙上に絵や文字で描いて発表する。生命科学の研究手順を体得する。

【意見交換会を通じた一般化した場合についての考察】

（サマーチャレンジ全体）

- 教育プログラム非常に有意義で価値があるが，入試となるとマンパワー，コストがかかる。日数。実行可能にするには検討が必要。
- 中・高に普及することが理工系の底上げに繋がる。
- サマーチャレンジは，（限定された参加者であるため）入試ではあるが入試でない雰囲気もあるので，和気あいあいの感じが出ており教育効果も望まれるが，これが一般化された入試となるとどうなるのか。
- ある程度コストをかけることによって，ちゃんと選抜している感覚はあった。
- 文系の社会科でも，このようなアイデアを利用できることが発見できた。
- 入試となれば，事前に準備してくる。これも教育効果だと思えば，その場で教育する必要はない。割り切って構わない。一斉にテーマを与えてグループワークをさせて発表なり質疑応答なり，与える課題によって時間も短縮できる。テーマによって生き生きする生徒としない生徒がいるので，最初にアイスブレイクを入れてから，いくつかのテーマでグループワークをさせ，リーダー等の役割を決め，それを交代させことで，それぞれの資質を十分に見て行くみたいなことをやれば，一般化して大学のキャンパスで時間，回数も短くしてやるとういうことでも十分やっていける印象を持った。

（公平性）

- 挙手して，複数回当たった生徒もいれば，当たらなかった生徒もいた。（一般化された入試となると）有利，不利で必ず苦情が来る。
- 高校入試のグループ面接では，必ず均等に当てるように工夫している。
- 戦略として，面接時に他の意見に反対し，話す量が増え，圧倒的に有利になった場合もある。
- 同一評価者が全員評価できないので（完全な）公平とはいえないが，（実施可能性とのバランスを考えると）やむを得ない。
- 公平性を担保しないとどうしても苦情に耐えられなくなる状況がある。
- 入試としては毎年変えなければいけないので，コストが掛かる。

（評価）

- 評価者は，当てられた生徒だけで無く，グループディスカッションの中の些細な発言，行動を見ている。公平になるような配慮はしている。
- 評価者を意識してしまい，実力が発揮できないあるいは過度なパフォーマンスに走るケースもあるだろう。
- 受験となると予備校で対策を練ってくるので，スタンダードになってしまい，探求心，考察力，自由な発想が見えにくくなる。
- 最終評価は，チャレンジの評価，高校の評定平均，高校の実力テストを加味しており，定性的な評価との組み合わせとなっている。また，合否判定の際は，数値化して最終的に数式により評価する。
- 評価者が各グループに一人ずついて，途中で交代している。基本的には 2 人で別々の内容を評価している。

- アメリカの入試で 2 つほどカルチャーショックを受けた。
  一つは，高校からの評価書，推薦書，コラムを読むリーダーが 1 人いて，そのリーダーが基本的にはまず合否の決定権を持つ。1 人で合否案を作成する。但し，悩んだときは相談者がいて，その相談者は標準化のトレーニングを受けており，こういうサンプルだったらこうする。合否判定が偏らず誰がやってもやっぱり同じ結果になるように準備されている。誰が入っても同じ合否の決定がなされるシステムになっているので，説明がつく。
  もう一つは，日本は公平性のために，数式化して点数の上位者から順位を付ける形になっている。アメリカでは大学によって違うが，合計点での判断は基本的にしないことが，基本スタイルになっている。SAT 等ある程度の学力が保証できた後は，むしろ特別な資質に注目して，こういう学生にこの大学に来てもらいたい。大学で取りたいポリシー決めて，それに合致する人を求めることで，十分説明が付くと思われる。
- 一つ一つのチャレンジには，授業に対する共通の評価項目がある。また，講義担当の先生から，ここを見てほしいという評価項目がある。それぞれに対して ABC のような形で評価する。その際に，将来その子が東工大に入学して自分の研究室に来た時，一緒に研究したいかというイメージを持った上で評価することになっているので，ある意味，アメリカの例に近いと思われる。
- サマーチャレンジみたいに本当に他では得難い評価のポイントとしては，生徒たちが悩んでいる姿だとか，分からないと言いながら粘り強く考えている姿というのを評価するというのは，ものすごく画期的なところと思う。塾では，何かが分からなくなったのだけれど，やろうということは，たぶん想定していない。本人にとっても何が分からなくなることが見えないところ，そのメンタリティを評価しようとしている点ではものすごく大事な取り組みと思っている。
- 評価される先生が出す課題をまず先生たちで 1 回やってみて，何が期待する回答で，どういうプロセスがあり得るかというのを，大体モデルを立てて見学すると，このグループは，これに気づいたなみたいなことが見えてくると思う。
- 人間関係が一番目につく。話量，リーダーシップが目に付くが，リーダーシップを取っている裏ですごく大事なのはサイエンスの進め方，手を動かしていないし，口も動かしていないのだけれど，見守りながら考えている生徒が結構良い観点の事を言ったりしている。

（面接）

- 面接は学生 1 人に対して教員が 3 人。

（学力担保）

- 全国化され，いろいろな高校から出てきた場合，学力担保というのはどこで見るのか。一切それは考慮しないという方針で，このチャレンジで光るものがあればとってしまうのか。
- 学力担保してないと，入ってからではどうにもならないのでは。

（第 1 次選抜）

- 一般化した場合に，応募が多数になり人を絞らなければいけない場合に，学力を担保して絞ってサマーチャレンジに来てもらうのがベスト。
- 学校推薦，学校の偏差値である程度受験生を選択した場合に，公平性の担保という問題が生じる。
- 大学でも，高校の評定平均があてにならないため，内申書が使えなくなっている。
- 書類審査するのは非常に難しい。

・ 以前，海外の高校では，評価書・調査書を評価者がプライドと責任を持って，セレクションして書いているが，日本ではできないとのことが議論になった。
・ 京大は学校単位の順位付を求めている。特別入試で，A が 4.3 以上が高大で半分以上ついているような高校であっても，その中でも順位を全部出すことが必須と高校に求めている。
・ 主体的対話的にプロセスを考えていくかどうかというのを見るようなタイプの課題を，先生方の今日のタイマー課題で，どういうプロセスでこのメカの性質に持っていくかというプロのモデルがしっかりしてくれば，それをシュミレーションする，疑似的にというようなペーパーテストというのを少し足きりというか前座にとういうようなことができるかなと考えている。

（高校教育）

・ 文部科学省は，多面的・総合的入試をたくさん取り入れなさい。大学もその方向で努力しているが，高校の立場から，勉強もやらなきゃいけないですし，落ちた場合にペーパーテストでない高校教育はどういう風に進んでいくのか気になる。
・ （進学校の生徒は）まず塾に入って，高校入学時から塾のトレーニングとして，過去問や想定問題を徹底的に行ってテクニックを学んでいる。学校の授業はほとんどしていない。今回のサマーチャレンジのような入試が 5〜6 割行われたら，ガラッと変わる。
・ 本来，学校教育で（今回のような授業形式を）やるべきであるが，入試でやれば学校の先生の意識がまず変わる。
・ 例えば今回みたいな形で入試した時に，塾がそれに対応するような教育をやってしまわないかというそういう可能性は懸念される。

＜課題＞

（iii）高大連携特別入試による卒業／修了生の現状分析

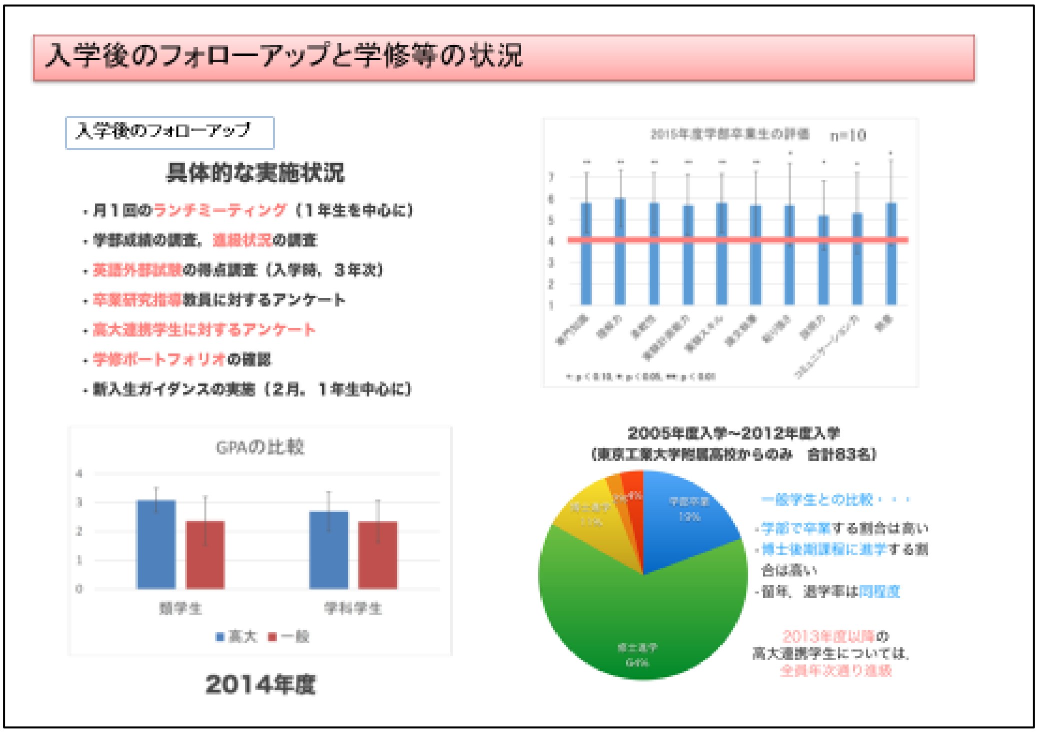
高大連携特別入試で入学し，平成 29 年 3 月に修了した修士および学士取得の学生達について，指導教員にアンケート調査を行った。28 年度，修士修了したのは合計 7 名（14M が 1 名，15M が 6 名）であった。学士を取得したのは 14 名(2012 年入学が 1 名，2013 年入学が 13 名)であった。アンケートは，一般学生を（4：平均的）として，（1：大変劣っている）から（7：大変優れている）までの 7 段階で評価してもらった。評価項目は以下の 10 項目であり，教員の全般的なコメントもいただいた。

・当該分野の専門知識
・当該分野で研究を進める上での理解力
・当該分野で研究を進める上での柔軟性
・当該分野で研究を進める上での実験計画能力
・当該分野で研究を進める上での実験スキル
・当該分野で研究を進める上でのレポート／論文執筆
・当該分野で研究を進める上での粘り強さ
・当該分野で研究を進める上での説明力
・研究室内での先輩とのコミュニケーション力
・自分の研究に対する熱意

7 名の修士修了生の平均と標準偏差は，全項目において平均値は一般学生より高く，1% あるいは 5%水準で有意な差が見られた。理解力，レポート／論文執筆は，全員が 5 以上の評価を得ている。進路は，2 名が本学博士後期課程に進学，1 名が東大博士後期課程に進学，3 名は民間企業に就職した。

14 名の学部学生の平均と標準偏差は全項目において平均値は一般学生(4)より高く，有意差あるいは優位傾向が得られている。9 項目において平均が 5 点以上であり，各項目におけるバラツキはあるが，高得点に集中している。専門知識，理解力，柔軟性，実験計画能力，実験スキル，レポート／論文執筆，粘り強さ，熱意は，1%水準の有意差が得られた。説明力，コミュニケーション力は，5%水準の有意差が得られた。12 名が本学修士課程に進学し，1 名が他大学に進学，1 名が民間企業に就職した。

平成 28 年度修了生・卒業生共に高大連携プロジェクトの学生は指導教員より高い評価を得ており，期待どおりの成果を挙げたと考えられる。修士から博士進学者は 2/6 名，学部卒業生の修士進学率 13/14 名である。



（iv）新たな入試モデルの構築に資するために，次年度に実施を予定している模擬テストについて具体案を策定すること

本学は高大連携教育の新しい試みとして，通常のオープンキャンパスより密度の濃い体験をすることで大学生活を体験し，本学への理解と理系分野を志す意欲を促すという趣旨のもと，高校生に本学キャンパスにおいて，一日かけて講義聴講や先輩との交流などを体験するイベント「一日東工大生」を開催している。今年度も本イベントの中で，本学へ入学実績のある高等学校 10 数校から各校最大 15 名程度，全体で 200 名超の生徒の参加を想定し，本委託事業により研究開発した模擬講義形式の授業（「チャレンジ A」と「チャレンジ B」）を行うこととした。また，高校教員の参加も依頼し，模擬チャレンジ終了後，高校教員も交えた意見交換会を実施し，本模擬チャレンジへの評価などのほか，下記項目などを中心に新たな入試モデルへ広く意見聴取を実施することとし，その具体的な内容について検討し，下記のような計画を策定した。

1）　高校の教育において，問題とされる従来型の知識暗記型教育の現状と問題点

2）　高校の教育における，創造性やディスカッションを重視する先駆的な取組の現状と問題点

3）　大学入学者選抜において，知識暗記型教育で詰め込まれた能力以外の能力を，総合的・多面的に評価するために必要な入試手法

4）　大学入学者選抜において，総合的・多面的な評価を取り入れることができない問題点と可能な条件

（模擬テストの開催予定概要）
1. 日程：平成 30 年 6 月 3 日（日）
9 時 40 分～15 時 40 分 高大連携教育「一日東工大生」（生徒・教員参加）
16 時 00 分～17 時 00 分 意見交換会（教員のみ参加）
2. 場所：東京工業大学 大岡山キャンパス
3. 参加者：高等学校 18 校程度，各校最大 13 名，全体で 200 名超を想定
4. 実施チャレンジ（予定）
　① シナプスの精妙なるメカニズム～からだの中で情報はどう動くのか
　　講師：一瀬宏准教授（生命理工学院）
　② 分子建築学～自己集合により超分子を設計してみよう
　　講師：河野正規教授（理学院）

２． まとめ

小規模入試において，筆記試験では測れない表現力，思考力，独創性等を測定するためのチャレンジ型の新しい入試形態について，模擬テストを行い外部の方からその評価をいただきながら，試行錯誤を重ねている。高校関係者からは，この入試が実施されれば高校の授業へのよい影響が期待できるなどの声をいただいているが，一方で適正な評価が行えるかなどの懸念点も上がっており，評価方法については，ひとつの課題となっている。また，試験実施上の問題として，人手を含めたコストをどの程度に設定するのかは非常に重要な課題である。小規模入試という性格上，一人の入学者に対するコストが上がるのは仕方がないが，現行のサマーチャレンジでは，コストがかかりすぎており汎用モデルとすることは難しい。本年度の模擬チャレンジでは，コストを下げる取組を行って検証しており，解決策について検討を重ねた。

次年度は，最終年度に当たるが，これらの課題について解決策を見出して，汎用モデルの完成と広報活動を行っていく。

東京大学

委託業務成果報告書

1. 業務の目的

東京大学における本業務は，現在の入試のオルタナティブとなる高大連携教育のあり方を探るべく，アクティブ・ラーニング型授業を中核とした高大連携事業を企画・実施してその効果を検証するとともに，高大接続にどのような形で取り込んでいけるかについて検証することを主たる目的とする。

アクティブ・ラーニング型授業による高大連携は，広く「パフォーマンス課題による高大接続」と捉えることができる。こうした入学者選抜改革に関する重要な論点として，次の二点がある。

- 従来のテストを中心とした選抜に比べ，どのような利点があるのか
- 利点があるとして，その作問や実施，採点をどう行い，どうコストを軽減するか

そのため，本業務では，一点目について大学入試センター試験（以下「センター試験」）の数学問題とその変形問題の対比的検証や，パフォーマンス課題での参加者の解決過程や成果の検証，二点目について作問や評価のやり方に関する原則の抽出，テクノロジも用いたデータ収集や評価に関するコストの軽減，持続可能な作問・実施体制など高大接続プログラム開発の基盤構築に関する検討を行うことも目的に含める。

2. 成果概要

本年度は，従来のテストと対比しながら，質の高いアクティブ・ラーニング型教材を開発・活用し，大学で求められる探究的な学びの場において高校生の質の高いパフォーマンスを引き出し，評価するための実践研究を行った。具体的には，下記の四点である。

１）センター試験等従来型のテストと新型のテストの思考発話研究
２）パフォーマンス課題による高大接続モデルとしての実践学講座
３）良質なパフォーマンス課題開発，作問と評価のデザイン原則抽出，及び課題開発のための人的ネットワーク基盤形成
４）対話型の学びのデータを記録・収集・評価する ICT も用いた評価手法の研究

以下，各点に関する成果概要を記す。

１） センター試験数学問題（順列・組合せ）を「考えながら話す」思考発話手法で高校生に解かせ，その過程を分析する研究，同じくセンター試験数学問題（データの

分析）と同じテーマを扱った記述問題を大学生に思考発話で解かせ比較した研究から，現状のセンター試験が知識の有無や小問を断片的かつ効率的に解決する情報処理能力を問いがちなこと，これに対して同じ分野の学力を問う場合も柱となるメイン課題の発問や答えの表現のさせ方次第で，知識の活用や思考力の発揮を促すテストが作成し得ることを見出した。ただし，後者のタイプの問題も受験者の態度次第でその狙いを発揮するか否かが変わる可能性がある。記述問題を授業でのパフォーマンス課題として解いた一授業の実践例からそれを示唆する。また，こうした新旧テストの解決過程の比較検証データは教員にとってもそこから学ぶことが多いものとなることを 2018 年 3 月に行ったワークショップの例から示す。

２） 国内外のアクティブ･ラーニング型 STEM 授業実践例の収集，及び全国の教員と「知識構成型ジグソー法」を活用した教材の開発を 91 件行い，さらに教材開発・実践研究に関わる教員のネットワーク形成を行った。これらの教材や教員ネットワークを基盤に 2017 年 8 月に，まず高校教員対象に Kavli IPMU と連携した実践学講座「物理を学ぶ，物理を作る」を行い，その参加者と共に教材を洗練させて 2018 年 1 月に実践学講座を再度実践した。高校生ら 40 名が参加し，「ダークマター」について「知識構成型ジグソー法」を用いて仮説を構成し，学んだことや今後探究したい疑問をポスターにまとめて，大学教員との交流を行った。

３） 以上の成果を基に「協調問題解決や協調学習などパフォーマンス型評価のための学習課題（活動・環境）のデザイン原則」及び「パフォーマンス型評価における協調問題解決過程・協調学習過程の評価原則」を抽出し，東京工業大学の 2017 年 6 月「模擬サマーチャレンジ」及び 8 月「サマーチャレンジ」に適用し，改善提案を行った。

４） 2018 年 1 月の実践学講座における対話の音声認識（テキスト化）可能性及びその分析可能性の検証実験を行い，対話型の学びを評価するための手法や観点について検討した。成果としては，対話的な複数話者同時発話場面における音声認識精度（全体をどれだけ正確にテキスト化したか）を平均 46.1％（レンジ 28.5%-66.2％），一人での発表場面の認識精度を平均 72.0％（レンジ 46.6%-95.8％）で起こす結果を得た。

以下の節では，この四点について詳細を順に報告する。

3. テストの思考発話研究

3.1. センター試験数学の思考発話実験

問題と目的

大学入学者選抜改革の中で，センター試験に代わる新しい大学共通テストの在り方が検

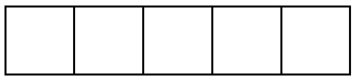
討されている。そこでは選択式か記述式かというテストの形式や問題の文脈などが注目される一方，小問間の関係性といった問題構造の要因は，十分検討されていない。こうした点を吟味するには，現行のセンター試験問題が生徒のどのような思考を引き出しているのかの実証研究が必要だろう。そこで本研究は，高校生を対象としてセンター試験の問題を解きながら考えていることを説明してもらう思考発話法を用いて，現行の試験がどのような思考を引き出し評価しているのか，その思考が本来，測りたい教科の思考なのかについて検討することとした。対象には数学を選び，特に，出題者としては最後の小問にそれまでの小問の解決結果を活用すれば容易に解ける問題を用意したと推測できる問題を用いて，高校生がその点に気づくか否かを検証した。

方法

関東圏内の公立高等学校3校の3年生10名を対象に実施した。内容を未習の生徒が1名いたため分析から除外した。3つの高校はセンター試験受験率が1%未満，約50%，約80%と異なる学校を選定した（分析対象者は順に4名，2名，3名）。材料には，平成27年度本試験問題数学ＩA第4問「場合の数」を題材とした（表1）。

表1　使用した問題

同じ大きさの5枚の正方形の板を一列に並べて,図のような掲示板を作り,壁に固定する。赤色，緑色，青色のペンキを用いて，隣り合う正方形どうしが異なる色となるように，この掲示板を塗り分ける。ただし，塗り分ける際には，3色のペンキをすべて使わなければならないわけではなく，2色のペンキだけで塗り分けることがあってもよいものとする。



(1)このような塗り方は,全部でアイ通りある。
(2)塗り方が左右対称となるのは,ウエ通りある。
(3)青色と緑色の2色だけで塗り分けるのは,オ通りある。
(4)赤色に塗られる正方形が3枚であるのは,カ通りある。
(5)赤色に塗られる正方形が1枚である場合について考える。
・どちらかの端が1枚の赤色に塗られるのは,キ通りある。
・端以外の1枚が赤色に塗られるのは，クケ通りある。
よって，赤色に塗られる正方形が1枚であるのは，シス通りある。
(6)赤色に塗られる正方形が2枚であるのは,コサ通りある。

問(6)は，場合の数を積み上げても解決可能だが，問(1)から問(3)(4)(5)の場合の数を除いた余事象を求めることでも解決可能である。その点で，受験生としては，例えば，自らの小問の解決結果を振り返ってそれらを結び付けて解答することもできた。その点で一定程度の「思考力」を測るものとなっていた。

なお，出題者側の意図としては，「掲示板の塗り分けという具体的な問題において，様々な場合の数を計算することを通じて，『順列・組合せ』の理解度と運用力をみる」もので，実施後の高校からの意見・評価として「適切であるが，⑴が全ての塗り方を考える問題であったため，最初に解法を迷った受験者がいたと思われる」とのコメントがなされている（大学入試センター，2016）。なお，実験に参加した生徒は誰も解いたことがなかった。

授業外の時間40分間で思考発話法を用いた調査を行なった。初めに思考発話の練習を行なった後，約20分で当該問題に解答を求めた。原則生徒ごとに実験者が1人つき，思考プロセスなど質問し記録した。実験者は生徒が沈黙した際や解決の方針を決める際に問いかけ，小問解決後などに解法についてインタビューした。解答終了後には正誤をチェックし，生徒の希望に応じて解き直しを行なわせた。ICレコーダによる録音とビデオによる録画を行なった。

結果と考察

各小問の正答者数は順に，5，4，9，6，6，6，5，2名であった。問（3）は全員が正答したのに対し，問（6）は2名のみ正答で，いずれも余事象は使わなかった。正答数は，8問中8問1名，7問2名，6問1名，4問2名，3問2名，1問1名とばらつきがあった。

【解答順】は，5名が問（1）から順に解き，3名が問（3）から解き始めた（1名不明）。全体の傾向として，問題文を読んだ後，小問全体を見て，どこから解くかを判断していた。多くは，「すぐに答えが出そうなもの，解きやすそうなものから解く」という基準であり，1名のみ「全事象を求めるものから解く」という生徒がいた。

【解決方略】には機械的に数字を公式に当てはめて解くという事例は見られず全員が問題状況理解をもとに解こうとしていた。ただし，解答中に小問（6）が余事象を使って求められることに気づいたのは9名中2名（正答数上位者）のみであった。1名は余事象を使わずに正答し，1名は何らかの形で使おうとしたが小問（5）が誤っていたこともあり正答できなかった。前者は余事象の可能性を考えたが，記述式の問題で考えたことをなるべく書くとよいと指導を受けていることもあり全ての場合を書き出す方略を優先したと説明した。テストワイズネス（内容以外の特徴を解決に利用する傾向）として，解答の桁数がわかることを利用して解答の誤りに気づき考え直した事例が2件見られた。また（1）のように2桁であることがわかることで解答に時間がかかると予測し，後回しにすると考えると答えた生徒も見られた。

以上，小問ごとに思考が分断され，構造的理解をもとに解決する数学的思考は評価し難いことが示唆された。

研究成果は，下記の河崎・白水（2018）にて公表し，各所からの質疑やコメントを得た。

（出典：河崎美保・白水始（2018）「大学入試センター試験数学の解決プロセスの検討：思考発話法を用いて」日本教育心理学会）

3.2.　センター試験と新型テストの思考発話実験

問題と目的

テストを受けている最中に，子どもたちは何を考えながら，どのように問題を解いているのか。この点が分かって初めて，現在のテストで測定している学力や，テストの改革によるその改変について，具体的な議論ができるのではないか。そこで本研究では，センター試験と同じ対象の内容について，問題の出し方や答えの記述させ方を変えた新しいタイプの問題を作り，センター試験問題を解くときと新タイプの問題を解くときの認知過程の違いを検討した。具体的には，学校を卒業した後も見据えて教科等で育てたい資質・能力を適切に評価するためのテストのあり方を検討した。

近年，教科内容の知識やその活用を評価するテストに加え，問題解決力や思考力などの「（狭義の）資質・能力」を評価するテストが求められており，PISA2015のCollaborative Problem Solvingなどが提案されている。他方，教科内容の知識と別に「一般的な」資質・能力を評価するテストでは，細かい下位スキルのトレーニング（例：価値中立的な選択肢を選ぶと正解しやすい等）で得点できることから，目指す資質・能力を評価できているかに疑問が残るといった問題も指摘されている。

学習科学の知見に基づけば，評価したい21世紀型の資質・能力とは，教科内容の知識を得たり理解を深めたりするために使うものであり，深まった理解と結びつくことでより良く発揮できるようになる力だと定義できる。だとすれば，今求められるテストの作問指針は，教科の観点から見て質の高い理解を誘発する題材を用いて，学習者が理解の深まりに焦点化できる発問を工夫すること，深まった理解をより充実した解として表現させる方法を工夫することであると考えられる。

方法

そこで，本報告では，既に教科の観点から題材の質が十分検討されているセンター試験の数学問題（平成27年度本試験問題数学ＩA第3問「データの分析」）を活用して，問題状況や発問，解答形式を変更したテストを作成し，センター試験問題を解くときと新しいタイプの問題を解くときの認知過程の違いを検討した。

センター試験問題は，第3四分位数や箱ひげ図，相関係数を知っていることを前提に，その性質や計算方法を問うものであった。問題の文脈は「ハンドボール投げ」だったが，特に解決に大きな影響は与えないものだった。小問は計4問あった。

これに対して，新タイプのテストでは，サッカーの6チームの17試合の観客動員数のデータを示し，箱ひげ図の描き方も説明した上で，(1)データをグラフ・表化して，(2)観客動員数についてわかること，(3)各チームの順位など付加情報も共にチーム状態を考察し，(4)経営戦略を考えさせるものであった。なお，この問題はCoREF協調学習プロジェクトに関わ

る高校教員がチームで作り上げたものだった。

実際に，センター試験と新タイプの問題を，同一の受検者（大学入試を突破した大学生）計5名に約1か月の期間を置いて，一問約1時間で受検させ，思考発話法によって可視化した受検時の認知過程と事後アンケートの記述を比較した。

結果と考察

センター試験について，各小問の正答者数は順に，4，5，4，3名であった。問（4）は相関係数の計算式を直接問うたため，知識の有無で正否がわかれた。正答数は，4問中4問3名，3問1名，2問1名（ただしマークミスが1問あったため，実質3問正解）だった。

結果だけ見ると，好成績に見えるが，解いている最中の発話（下記に例を示す）からは，実は統計概念が明確に分かっていなくとも消去法などのテストワイズネスで正解を得ており，成績がそのまま深い理解を反映していない可能性があることが示唆された。

平均が…平均じゃない，中間値も２５と２５，２０と２５の間で変わってなくて，
第一四分位数だけが，えっと，ちょっと伸びている。
あ，違う，中間値も伸びてる。
あ，全部伸びてる。あ，Bとbの１はとりあえず消せなくはないんで保留しておいて。

また，問題に使われたハンドボール投げの文脈も，1か月置くと忘れている受検者が多く，単に「統計問題を解くためのカバー」としてしか見られていないことが分かった。

これに対して，新タイプの問題では，文脈が数学的理解を助け，データを有意味に分析しようとした受験者が増えた。特に小問(2)では明示的に「ばらつき（散らばり）」について問われていないにも関わらず，5名中3名がデータの分析に基づいて言及していた。また，小問(3)でも動員数の外れ値を順位と関連付けて「優勝決定戦」ではないかと推測するなどの思考も見られた。

理解の識別性については，小問(2)でばらつきに言及していない受検者が(3)や(4)でそれを活用できることはなく，一貫した理解を問うていることが示唆される。

その一方で，ばらつきへの言及を例にとると，小問(3)(4)でなされていることが少なく，チーム状態や経営戦略といった問題は「数学と無関連」の問題として取り組まれた可能性も垣間見えた。今後「教科横断的な思考力」等を探るときに，どれだけ明確な正答例を作り，それに向けた明示的な制約や誘導を設けるかが大きな課題となる。

さらにばらつきの見方（分散や標準偏差）は全く言及しないまま，記述力で記述問題をこなそうとする受検者もおり，新タイプのテストが新手のテストワイズネスを作り出す可能性が懸念される。

同様の検討を国語問題で行った研究からは，「辞書も用いて全文読解してから個別の解釈問題に取組む」，「歌の作者など，省略されている個別具体的情報はあらかじめ示した

うえで和歌の解釈をさせる」などの発問の工夫によって，アンケートに記載された「もっと知りたくなったこと」が，「単語の訳」といった個別具体的な知識から，本文の主題に関わる内容へと変化すること，「選択肢に頼らず記述式で答えさせる」といった表現のさせ方の工夫によって，解答の根拠を本文に求める行動が見られるようになったことを指摘されている。この結果より，国語（古文）の分野においては，「教科の理解の深まりに思考を焦点化させる発問の工夫」と「記述式など解の表現のさせ方の工夫」によって，既存の教科ベースの作問研究の蓄積を活かしながら「21世紀型資質・能力の評価」を可能にするテストを実現できる可能性が示唆されており，適切な作問の原則を探していくことが重要である。

研究成果は，下記の白水ほか（2018）及び齊藤（2018）にて公表し，各所からの質疑やコメントを得た。なお，この発表機会は日本教育心理学会の自主シンポジウムとして行ったものであり，大学入試センターの大杉住子審議役や京都大学西岡加名恵教授に指定討論を依頼し，会場には 100 名以上の聴衆が集まった。本事業への関心がうかがわれる。

白水始ほか（2018）「人はいかにテスト問題を解くか：思考発話法を用いた検討」日本教育心理学会

齊藤萌木（2018）「卒業後も見据えて教科等で育てたい資質・能力を適切に評価するテストの検討」日本教育心理学会

3.3. 新型テストを用いたアクティブ・ラーニング型授業実践

協調学習プロジェクトの教員が上記新タイプのテスト問題を変形し,県立高等学校2年生35名に「知識構成型ジグソー法」を使って授業を行った。ここで「知識構成型ジグソー法」授業とは，対話を通して各自が理解を深める「建設的相互作用」を全ての子どもに引き起こすことを目指して開発された授業手法のことを指す。標準的なステップは，次の5つである。

Step 1：個人でメインとなる問いへの「解」を書き留める

Step 2（エキスパート活動）：グループに分かれ解決に必要な資料を担当し内容を確認する

Step3（ジグソー活動）：各資料担当者一人ずつからなる新グループで内容を交換，統合してグループの解を作る

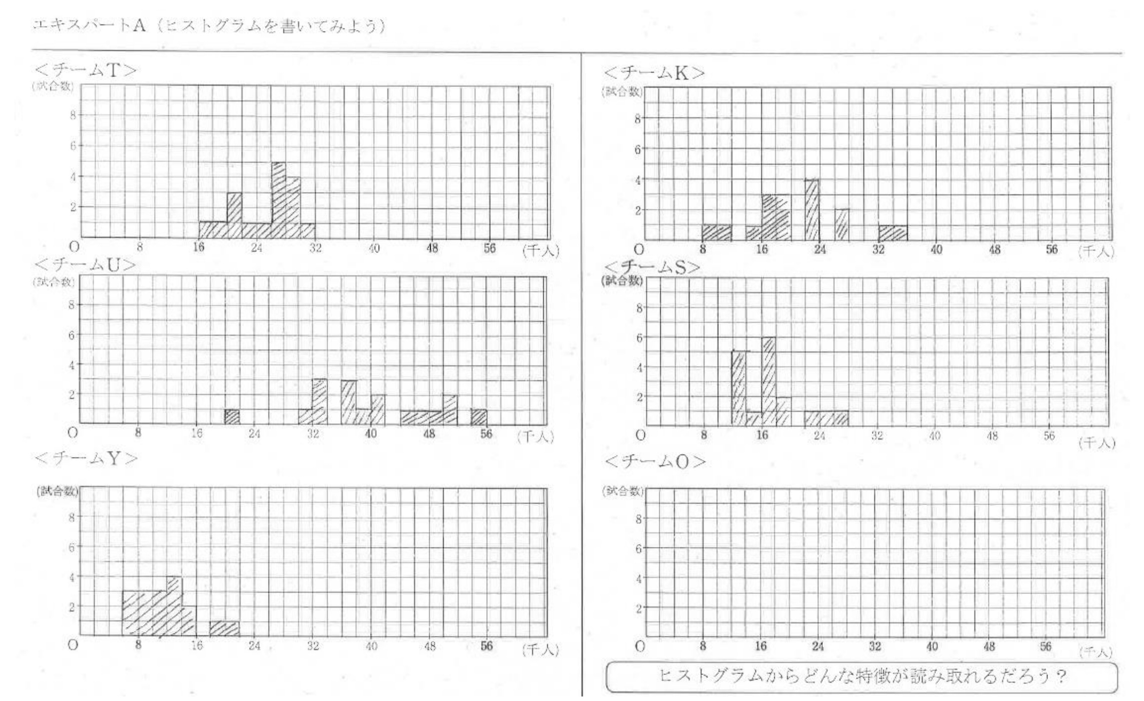
Step4（クロストーク活動）：グループの解をクラスで共有

Step5：個人で再度問いに解答し次の疑問を記す

授業は50分で新テスト同様「下の表は，J リーグのある年度における各チームの試合観客動員数を示したもので,それぞれのホームで行われた17 試合の入場者数が小さい順に並

べられています。各チームのどんな特徴が読み取れるか考えよう。」というメイン課題に取り組むものだった。エキスパート資料は図1のとおりであった。いずれも6チームの内，5チームのヒストグラムや中央値等の代表値，箱ひげ図が示されており，それに従って残り1チームの処理を行いながら，データの特徴をグループで考えるところにねらいがあった。生徒はジグソー活動でこの3資料の内容を統合し，上記のメイン課題と，第2段階の問いである「あなたは，クラブのオーナーです。観客動員数を増やすためには，どのような戦略（作戦）を立てますか。問①（注：上記の問い）を踏まえて，チームを一つ選んで提案してみよう。」に取り組んだ。

授業者は授業に備えて，表2の対話分析のためのキーワード一覧を自分なりに準備した。これは授業において生徒が各知識・理解を獲得し，資質・能力を発揮しているとすれば，その姿をいかに捉えられるかという想定に基づいて作成したものである。



エキスパート資料A：ヒストグラム

エキスパートB（中央値･範囲･平均値）

＜中央値＞　データを値の大きさの順に並べたとき、中央の位置にくる値のこと。
データの大きさが偶数のときは、中央の２つの値の平均値となる。

チームT	チームU	チームY
26,406	38,909	11,176
チームK	チームS	チームO
19,588	17,239	

（人）

＜範囲＞　データの散らばりの度合いを表す値として、データの最大値から最小値を引いた差のこと。

チームT	チームU	チームY
13,195	33,785	13,212
チームK	チームS	チームO
25,779	14,272	

（人）

※UやKはデータが散らばっているけど、TとかYは安定しているなぁ

＜平均値＞　データの総和をデータの大きさで割った値。この場合、大きさは17。

チームT	チームU	チームY
25,112	39,941	11,710
チームK	チームS	チームO
20,966	17,332	

（人）

各値からどんな特徴が読み取れるか考えよう！
各値だけではわからない疑問は他のエキスパートに聞いてみよう！！

エキスパート資料B：中央値等の計算

エキスパートC（箱ひげ図をかいてみよう）

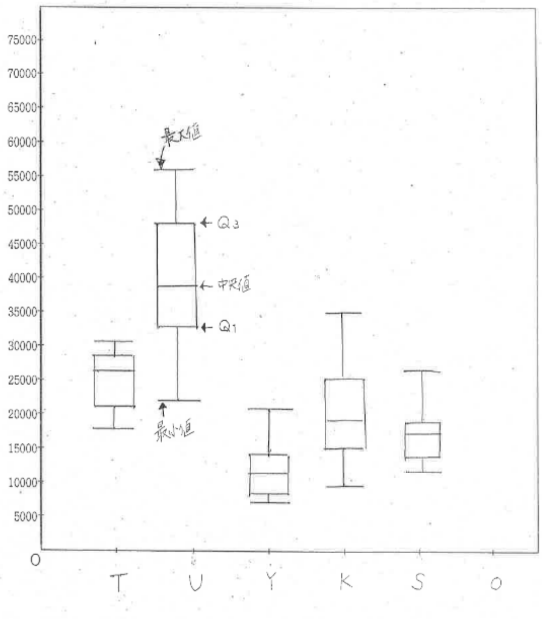
＜箱ひげ図の書き方＞

①縦軸にデータの値の目盛りをとるとする。
②第一四分位数Q_1を下端、第三四分位数Q_3を上端とする箱をかき、
箱の中に中央値Q_2をかく。
③箱の下端から最小値まで、箱の上端から最大値まで線分を引く。

表において、Q_1は４と５の平均値、Q_3は13と14の平均値、中央値Q_2は9の値
最大値は17、最小値は1を指す。

ex）チームTでいうと$Q_1=\frac{20341+20508}{2}=20424.5$　，

$Q_3=\frac{28114+28480}{2}=28297$　，$Q_2=26406$，　最大値 30672，　最小値17477



箱ひげ図から、各チームどんな特徴が読み取れるだろう？
また、箱ひげ図だけではわからない疑問を他のエキスパートに聞いてみよう！！

エキスパート資料C：箱ひげ図とデータの分布

図1　「データの分析」の知識構成型ジグソー法授業例

表2　授業中の生徒の学びを見とるための評価項目・規準・指標

メイン課題　データの分析を通して、Jリーグの各チームにどんな特徴が読み取れるか考える。
データの分析を通して、各チームに合ったマーケティング戦略を考える。

エキスパート
A　ヒストグラムをかき、データを分析できる。
B　中央値・範囲・平均値の計算をし、データの散らばりを比較することができる。
C　箱ひげ図をかき、データの分布を比較することができる。
+α　データの整理・分析から、状況を想定し、マーケティング戦略を考えている。

領域	評価項目	評価規準	評価指標
教科理解	ヒストグラム	ヒストグラムをかき、データを分析できる。	1試合　／　集まっている　／　離れている　／　ばらばら　／ でこぼこ　／　高い　／　低い　／
	中央値・範囲平均値	中央値・範囲・平均値の計算をし、 データの散らばりを比較することができる。	9の値　／　最大値と最小値の差　／散らばり　／安定　／ 来る日と来ない日の差　／毎回来る　／
	箱ひげ図	箱ひげ図をかき、データの分布を比較することができる。	箱　／ひげ　／大きいとどうなる　／小さいとどうなる　／ 箱の位置　／　ひげの長さ　／
資質能力	協調問題解決力	他者の情報を求める	何やった？　／どんなことした？　／
		他者の考えを確認する	ってこと？　／もう一回　／どういうこと？／なるほどね　／あーね　／
		自他の考えをまとめる	だから　／やき　／ので　／ってことは～　／
	批判的思考力	自分の考えを別の視点から見直す	でもさー　／これはどう使うが？　／けどよ　／
	メタ認知スキル	自身の分かり方をメタ的に認識	ってことは～ってことか　／わかった　／こういうことじゃない　／ もしかして　／ひょっとして　／
教科横断	数学的な見方考え方	戦略を考える際、データの分析・整理を活用している。	

授業は２つ目の問い（どんな経営戦略を取るか）のところで，半分以上のジグソーグループが統計的なデータを離れたアイデア生成に陥ったが，授業者が即座にその状態を把握して「理由を考えるんだよ」という声掛けをしたことや，授業者が，ねらいに沿った活動をしているグループにクロストークで発表させ，ポイントを強調したことで，全体としてこの授業でやりたいことのイメージが生徒の腑に落ちて終わった。データと経営戦略を結び付けた発言例として，生徒からは「（上記2つ目の問いに）Oチームが２位ってことは，この観客動員数がとびぬけて多い試合はシーズン最後に順位が上がったからじゃないか。順位があがって新規の観客が入ったのだとすると，この観客をキープして増えやすことを考えないと」というものなどがあった。こうした生徒の学びが引き起こされたのは，本授業の授業者が対話分析用のキーワードを用意して授業をしており，それが見とりの正確さ・的確さを可能にして，授業中の声掛け（再教示）につながったためだとも考えられる。

3.2節と3.3節の成果の対比から，入学者選抜改革について次の三点の示唆が得られる。

第一に，3.3節のような「パフォーマンス課題」の場を選抜の機会と考えるか，教育の機会と考えるか，あるいは教育しながら選抜する機会と考えるのか，というねらい（目的）の自覚化の重要性である。「選抜」と考えれば，再教示はなしで，生徒の「実力」を問うものにすべきと考える大学関係者は多いだろうし，「教育」と考えれば，その場でやりたいことを明示しながら，生徒の実力を発揮させることに重点が置かれるだろう。もしその両者を兼ね備えるならば，教示や再教示で課題を明確に伝えたり伝え直したりしながら，実力を発揮させ，その上で，教示・再教示も含め，生徒に対する全支援を記録して，「課題が明示されたときにどれほど思考力等を使っていたか」などを子細に分析することも可能になる。

第二に，本課題のような「教科横断的な思考力」を問う問題について，数学と経営を結び付けるような教科横断的な文脈を用意した上で，自発的に数学の知識・理解を活用する程度を評価するのか，あるいは明示的に「数学から離れない」などの制約条件を付けて知識・理解や思考力等を見るのかということである。これも上記同様，大学関係者がいかなる資質・能力を評価したいのかというアドミッション・ポリシーで決まる。

第三に，ポリシーに従って，どのような立場を取るにせよ，出てきた解答や言動をいかに評価するのかという基準，言わば「採点基準」を準備しておくことの重要性である。それは,表2の例に見るようなパフォーマンス課題中の見とりや軌道修正に役立つだけではない。基準／規準の明確化は，上記ポリシーの明確化やそれに応じた作問や課題設定にも役立つ。アドミッション・ポリシー（選抜の指針）と選抜の具体的なやり方がらせん的に深化すると言ってもよい。例えば，もし教科横断的な思考力で「数学的なデータ分析」の力を評価したいのであれば，「【数学的】とはこの課題の場合で何を意味するか」を考えることが必要になる。その際，この課題で「観客動員数の多寡だけでなく【ばらつき】に目を向けているか」を重視したいという採点規準を明確化できれば，それを明示的に問う，あるいは暗示的に誘導する課題設定へと変更することも可能になる。それが受験者のパフォーマンスを一層見とり易くするだろう。

3.4. 高校・大学教員対象のテストを用いたワークショップ

上記3.2節のデータを用い，2018年3月に「人はいかにテストを解くか～認知・学習科学の視点から見たテストづくり～」と題したワークショップを行った。ねらいは，センター試験と新タイプのテストを解いている最中の生徒・学生の思考発話データに触れてもらいながら，高校・大学関係者に「テストを変えるにあたってどんなことを考えておく必要があるのか」に関する議論を引き起こすことだった。

全部で休憩も含め4時間のプログラムで，最初30分間でイントロダクションを行った後，国語と数学の2チームに分かれて2時間の分析セッションを行い。最後の1時間で各セッションのラップアップと全体議論を行った。

参加した教員からは，思考発話データを見ている最中からセンター試験問題に正解しているからといって「本当にわかっているのかな」という疑問の声が上がり，最後の議論では，出題者の意図と思考発話から見える子どもたちの解決過程・思考過程のずれへの気づきや，選抜テストをクリアできる学力が果たして入学・進学後の学びに生産的につながるのかへの疑問が呈された。そもそもこうしたデータにこれまで触れたことがなかったことによる驚きや，生徒の（理解していないままの）問題解決行動を促す受験指導をしてしまっていたのではないかという自省，さらには明示的に「推測」を求める新タイプのテストのユニークさへの気づきも得られた。

これらを適切にガイドし，テストで引き出したい資質・能力目標や教科の狙いと，実際

子どもたちに引き起こされている認知過程との間のずれを精緻に検証し，問いと評価の観点や規準（期待する解答のセット）を吟味しながら，より適切な評価の場をつくり出す「テストのPDCAサイクル」を確立することが今後求められる。

4. 実践学講座

ここでは 2018 年 1 月に行った高校生対象の実践学講座を主に報告する。

本事業の目的は,学習指導要領改訂による理数教科の改革をふまえ,大学入試を視野に,理数分野における思考力等を多面的・総合的に評価する手法や問題開発等を行うことである。本学が所属するトップダウンチームは，「理工系人材に求められる知識，資質・能力」を明らかにすることを目的としている。その関連で,東京大学 CoREF の取組の基本姿勢と,それに関連付けながら実践学講座の詳細を報告する。

CoREF の協調学習の授業づくりプロジェクトは，長期的な目的として，児童生徒が生涯に亘って，資質・能力を使いながら理解を深め，深まった理解をより質の高い思考や表現につなげる学びのサイクルを回しながら，自分自身の学びの力を伸ばし続けていく学び方を自分のものにしてくれることを目指している。授業づくりプロジェクトでは，初等中等教育における授業という万人にひらかれた学びの場を対象に，こうした「学び方の学び」の基盤をつくることに日々取り組んでいる。他方，日々の授業実践は，良くも悪くも高校や大学の「入試」に影響されて成立しているし，子どもたちの生涯の学びのプロセスにおいても，「入試」は重要な一局面である。そこで，長期的な目的を意識したときに，「入学者選抜」のあり方を考えることも重要な課題となる。

H29 年度は，アクティブ・ラーニング型授業を中核とした高大連携「実践学講座」の企画・実施・振り返りをとおして，高大接続への応用について検討した。具体的には，CoREF が H25 年度から継続的に実施してきた「知の協創：実践学体験トライアル講座」の枠組を活用し，東京大学の様々な研究主題をテーマに，高校生と大学生や院生がともに探究しうる実践的な課題を設定し,「知識構成型ジグソー法」による授業と，研究室訪問や専門家とのディスカッションなどを組み合わせたプログラムを実施している。

今年度は，「Kavli 数物連携宇宙研究機構（Kavli IPMU)」と連携し，「物理を学ぶ，物理を作る～高校物理から宇宙研究の最先端へ～」を主題にプログラムを作成した（表 3)。プログラムを受講したのは，CoREF と連携する教育委員会学校等からの資料配布に応じて集まった東京都と埼玉県の公立高校 1・2 年生 31 名と他プログラムの特別講座として参加した中学生 5 名である。

表 3　H29 年度「実践学講座」のプログラム

○初めの課題：「科学者は宇宙の謎をどれくらい理解している？(10 段階＋理由)」 ○知識構成型ジグソー法演習：「研究者たちが宇宙の観測からみつかった〈謎〉を説明するためにたてた仮説とは」 エキスパート資料 A＜力学質量法と光度質量法＞

エキスパート資料 B<天体の運動> 　　エキスパート資料 C<重力レンズ効果> ○Kavli IPMU 村山斉機構長講義 ○「宇宙の謎／科学者の仕事について見えてきたこと，もっと知りたいこと」ポスターセッション ○終わりの課題：改めて，「科学者は宇宙の謎をどれくらい理解している？(10 段階＋理由)」+知りたくなったこと

表3をご覧になると，CoREFの事業は「大学入学者選抜改革推進委託事業」という言葉のイメージにはそぐわないように見えるかもしれない。しかし，私たちは,「入試」の本質は，一度限りの画一的な一斉試験で正答数を競うことよりは，一人ひとりが積み上げてきた多様な学びの力の実態を，様々なデータをもとに，できるだけ正確に把握することにあると考えている。これは，中央教育審議会答申における高大接続改革の基本的な考え方と通ずる[1]。

こうした観点にたつと，実践学講座のように，高校までに身に着けてきた知識や思考力を，大学院生や研究者から提供される新しい知識も結びつけながら使ってみて，実践的で答えのない問いを探究する機会を設定することは，一人ひとりが積み上げてきた多様な学びの力の実態に関する様々なデータを集める機会として，目指す「入試」の肝となりうる。

そのために知識構成型ジグソー法演習では，図2のようなエキスパート資料を準備した。これはいずれも左側と右側の資料内容が矛盾するものになっており，その解消をするための仮説を考えることを促す構成となっている。例えば，資料Aであれば，光の程度から考えられる銀河団の質量とその観測される速度から考えられる銀河団の質量とが矛盾するもの，資料Bであれば，太陽系であてはまるケプラーの第3法則が太陽系外の銀河の回転速度ではあてはまらないというものなどである。こうしたそれぞれ異なる三つの視点からの矛盾を持ち寄って，中高生は，それを解消するための仮説的構成体として「ダークマター」に気づいていくものとなっていた。

[1] 「新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育，大学教育，大学入学者選抜の一体的改革について（答申）」(2015 年 12 月 22 日）
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1354191.htm

予習資料Ⅱ-A

銀河団の質量

星や銀河と同じく、銀河が集まった銀河団にも名前がついている。たとえば、おとめ座の方向で約 5900 光年の距離にあるおとめ座銀河団は 50 個程度の銀河からなる集団があり、かみのけ座の方向で 3 億光年の彼方には 100 個以上の銀河を含むかみのけ座銀河団（図 1）がある。

光学的質量

＜図 1＞

かみのけ座銀河団の個々の銀河の挙動を調べていたスイス出身の天文学者フリッツ・ツヴィッキーは、銀河団に含まれる各銀河の明るさを測定した。

星の明るさは、その星の質量によって決まり、星の質量が大きくなるとその明るさも急激に明るくなる。

例えば、はくちょう座のデネブは太陽の 20 倍以上の質量と 200 倍以上の大きさを持ち、太陽の 60,000 倍以上も明るく輝いている。また、質量が太陽の 10 分の 1 の星の明るさは、太陽のおよそ 1,000 分の 1 の明るさで、逆に太陽の 10 倍の質量をもつ星は太陽の約 1 万倍明るく輝くことがわかっている。

もし、銀河がふつうの星からできていると仮定すると、星 1 個の明るさがだいたいわかっていれば、銀河全体の明るさが太陽何個分に相当するかがわかるので、銀河の「総質量」を見積もることができる。このようにして求めた質量を光学的質量と呼ぶ。

ツヴィッキーが測定した結果、**かみのけ座銀河団の光学的質量は太陽の数兆倍くらいあることが分かった。**

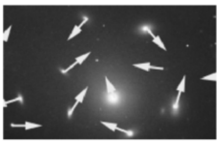
エキスパート資料 A

銀河団の質量

星や銀河と同じく、銀河が集まった銀河団にも名前がついている。たとえば、おとめ座の方向で約 5900 光年の距離にあるおとめ座銀河団は 50 個程度の銀河からなる集団があり、かみのけ座の方向で 3 億光年の彼方には 100 個以上の銀河を含むかみのけ座銀河団（図 1）がある。

力学的質量

＜図 2＞



かみのけ座銀河団の個々の銀河の挙動を調べていたスイス出身の天文学者フリッツ・ツヴィッキーは、光学的質量を調べる一方、銀河団に含まれる各銀河の運動の様子を調べた。

銀河団の中にある個々の銀河には、他の残りすべての銀河からの重力がはたらいているはずであり、1 個 1 個の銀河が銀河団から逃げ出したりしないためには、他の銀河全体からの重力を相殺する程度のほどよい速度で、その銀河が運動していることが必要である（図 2）。

この個々の銀河の運動速度を測定して平均すれば、銀河団全体の「総質量」を見積もることができる。このような方法で求めた質量を力学的質量と呼ぶ。

かみのけ座銀河団の各銀河は、だいたい秒速 1000km ぐらいの速度で飛びまわっていることから、**かみのけ座銀河団の力学的質量が太陽の 500 兆倍くらい必要ということがわかった。**

この 2 つの質量を比較すると、かみのけ座銀河団の力学的質量は、光学的質量より数十倍から数百倍も大きかったことが分かった。

福江　純「天体の力学」より

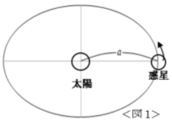
☆ 力学的質量と光学的質量との間にはなぜ矛盾が生じているのでしょう？力学的質量が実際の質量に近いとしたとき、考えられる理由を挙げてみましょう。

エキスパート資料 A＜力学質量法と光度質量法＞

予習資料Ⅱ-B

天体の運動

ケプラーの第 3 法則



＜図 1＞

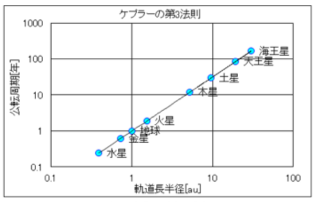
惑星の公転周期 T の 2 乗は、楕円軌道の半長軸 a の 3 乗に比例する。

式にすると

$$T^2 = ka^3$$ となります。

惑星	軌道長半径	(軌道長半径)³	公転周期	(公転周期)²	定数 k
水星	0.38710	0.05801	0.240852	0.05801	1.00000
金星	0.72333	0.37845	0.615207	0.37848	1.00008
地球	1.00000	1.00000	1.000040	1.00008	1.00008
火星	1.52368	3.53738	1.880866	3.53766	1.00008
木星	5.20260	140.81902	11.86155	140.69637	0.99913
土星	9.55491	872.32798	29.53216	872.14847	0.99979
天王星	19.21845	7098.31184	84.25301	7098.56969	1.00004
海王星	30.11039	27299.15108	165.2269	27299.92848	1.00003

＜表 1＞　出典：天文年鑑 2015 年版,誠文堂新光社



＜図 2＞出典：国立天文台

簡単に言えば、太陽の周りを公転する惑星は、**太陽から遠くにあればあるほど、その惑星の公転の速度は遅くなり、**そのため太陽の周りを 1 周する時間（公転周期）も長くなるというものです。それは、太陽から遠いほど太陽の重力が弱くなり、速度を落とさないと公転軌道から外れてしまうことになるからです。地球を含めた太陽系の惑星は、そのルールに従っています。

エキスパート資料 B

天体の運動

銀河の回転速度

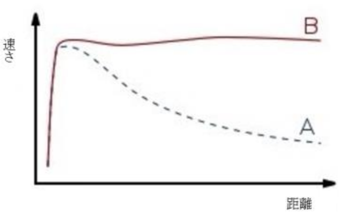
太陽系の惑星が太陽の周りを公転するのと同じように、銀河の恒星も銀河の中心にある重力源（銀河核）の周りを公転します。例えば、私たちの太陽は秒速 200km（新幹線の 3000 倍）を超えるスピードで天の川銀河核を公転しています。

「ケプラーの第 3 法則」が普遍的にあてはまるとすると、この恒星の公転運動についても、銀河核から遠い恒星は銀河核に近い恒星より公転の速度は遅くなるはずです。

1970 年代、アメリカの天文学者ヴェラ・ルービンは、アンドロメダ銀河の恒星から来る光を分析して、恒星の移動速度を調べました。すると、銀河核からどのくらい離れているかに関係なく、一定の速度で回転しているという観測結果が得られました。当時知られていた、速度に影響を与えられるすべての現象を考慮しても観察の結果は変わりませんでした。

「回転運動をする銀河内にある恒星はもれなく、銀河の中心までの距離にかかわらず、どれも同じような速度で回転している」というルービンの観測結果は、ケプラーの第 3 法則と矛盾した衝撃的な結果だったのです。

回転運動する天体の距離と速さのグラフは、「ケプラーの第 3 法則」によれば、図 A に示されるような曲線を描くことになるはずです。しかし、ルービンによる計測によって示されたのは**回転運動をする銀河内にある恒星は、図 B に示されるようなほとんど横ばいの曲線を描く**ということでした。



＜図 3＞

☆ 恒星の公転運動について、「ケプラーの第 3 法則」と矛盾する観測結果が得られたのは何故でしょうか。考えられる理由をいくつか挙げてみてください。

エキスパート資料 B＜天体の運動＞

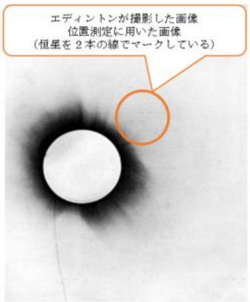
予習資料Ⅱ-C

天体の位置や明るさの変化

重力レンズ

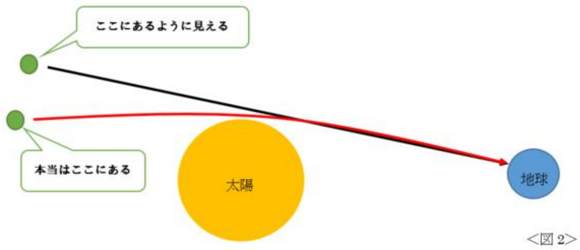
1919年5月29日にアフリカで起こった皆既日食で、天体物理学者アーサー・エディントン卿率いるイギリス観測隊が、太陽の近くに見える恒星の写真を撮影しました。一般相対性理論によれば、遠くの恒星から観測者に達する光線が太陽の近くを通る場合、太陽の重力場によって光線が曲げられるため、本来の位置からわずかにずれて見えるはずです。
しかし、日中の地球上からの観測では太陽の光による空の明るさで恒星の光は紛れて見えないため、この現象を捉えるには皆既日食の時に観測する必要がありました。

この観測によって、アインシュタインと相対論の名は一躍世界中に知られるようになりました。



<図 1>

「光線の軌跡は重力場の中で曲げられる」という単純な性質から、光源となる遠方の天体と観測者の間に大きな重力をおよぼす（＝大きな質量をもつ）別の天体があれば、遠方の天体から出た光は、その途中にある大きな重力場で曲げられて観測者まで届くことになります。観測者と光源の間の大きな重力場が、ある種のレンズの役割を果たすと考えられるため、この現象は「重力レンズ」と呼ばれています。



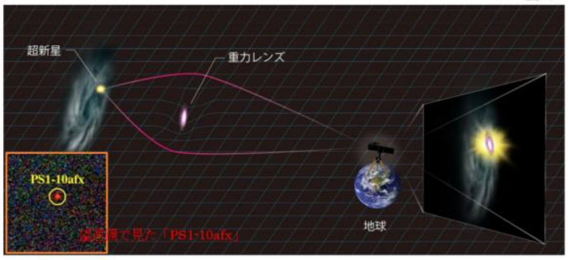
<図 2>

エキスパート資料 C

天体の位置や明るさの変化

超新星

超新星「**PS1-10afx**」は、ピーク時の明るさがよくそろっていて、宇宙の距離測定にも用いられる超新星です。2010年に発見された当初から、色や明るさの変化のパターンなどの特徴は通常の超新星と変わらないのに、明るさだけが通常の超新星より30倍も明るいという、これまで観測されたことのないタイプの超新星でした。その異常な明るさから、全く新しいタイプの超高輝度超新星だと主張する研究者もいました。
東京大学国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構（Kavli IPMU）のロバート・クインビー特任研究員らのチームは、明るく輝いた原因は、**超新星「PS1-10afx」と地球との間に大質量の銀河が存在し、その周囲の空間をゆがめて超新星の光を集める「重力レンズ現象」を作り出しているためである**、というメカニズムを提唱しました。ただし、このメカニズムには大きな謎が残っていました。それは、重力レンズ現象を作り出すほどの大きな質量の銀河がいったいどこにあるのか？ということです。超新星が現れた銀河と、重力レンズ現象を作り出す手前の銀河は、地球から見るとちょうど重なっているため、これまでの観測データでは2つの銀河を区別することができませんでした。
2013年9月、重力レンズとなる小さく暗い銀河を発見しました。**重力レンズ現象で超新星を明るく輝かせる天体の最初の例として、このような小さなサイズの銀河が見つかったのは予想外の結果でした。**今回の観測結果から、このような比較的小さく遠くにある銀河でも、十分大きな増光率の重力レンズ現象を生じることもわかりました。

<図 3>


☆「重力レンズ効果を生んだ銀河が小さな暗い銀河だった」ことが研究者にとって予想外だったのはなぜでしょう？

エキスパート資料C＜重力レンズ効果＞

図2　ダークマターに関する知識構成型ジグソー法演習資料

そこからいかなる学びが得られるのか。例えば，表4は，今年度の実践学講座において，表3に示した初めと終わりの課題について同じ受講者が書いた答えの例である。こうしたデータは,「「重力レンズ効果」についての正しい説明を4つの選択肢から選べ」といった問の正答率というようなデータに比べ，生徒の多様な力の見取りに資する。例えば，能力・スキル面に着目すると，どちらの生徒も講座中の対話や資料読解，講義をふまえて自分自身の考えをより良くしていく高いレベルの協調問題解決力を有していることがわかる。他方でそうしたスキルを使って深まった理解の向こうに見据えている課題はそれぞれ異なっている。生徒Xは，目に見えないものごとの仕組をとらえる「理論」を構成し，それを使いながら謎を解いていくという科学の学び方そのもの,生徒Yはそうした科学の学び方をとおして見えてくる具体的な事実や研究法に興味を持っていることがわかる。

表4　H29年度「実践学講座」の前後理解比較課題への解答例

	講座前		講座後		
生徒X	4	・宇宙の中で人間の目で見られる範囲はほとんど一点でしかないから。	4	・見えるものは少なくても理論で様々なことが言える。しかし、地球の外にあるものはほとんど光でしか観測できないから、それ以外のもので存在するのはたくさんあるかもしれない。	・宇宙のさらに外についてダークマターにも種類があるのか。 ・ダークマター以外に科学者の間で認識されている謎はあるのか。
生徒Y	3	・この間、NHKの番組で宇宙について取り上げているものがあった。そこに出てきた物理学者は、われわれ人間は宇宙のすべてを知る権利すらないと言っていたから。 ・暗黒物質のこととか、他の素粒子のこととか、まだわかっていないから。	2	・宇宙のはじまり、おわり、はじまる前、ダークマターなどなど、根本となるところが分かっていないから。	・宇宙のはじまりを知りたい、研究してみたい。 ・ダークマターがあるのは確かなのだけれど、まだ実感がわかないので、XMASSやLHC実験でとれたデータを見てみたい。自分がこの研究にかかわって、見つけたい。

もちろん，このように，児童生徒の豊かな学びの事実を浮かび上がらせるデータが集まってくると，選抜することはかえって大変になる。選抜する側にも「どういう資質・能力を使って，何ができる生徒を選抜したいか」という基準をもっと明確にすることと，試験の製作（作問や状況設定）も他人任せにせずに，自分たちが評価したい学びの力が評価できる試験のあり方を深く検討することが求められるだろう。CoREFの「大学入学者選抜改革推進委託事業」から得られた知見をもとに，様々な大学や評価主体が今後こうした視点から自分たちの「入試」を見直すための，指針を提供することを目指すものである。

（出典：東京大学 CoREF（2018）平成 29 年度活動報告書「協調が生む学びの多様性　第 8 集」）

5. 作問と評価のデザイン原則

4 節に記したように，大学関係者が主体的に作問や評価を行っていくためには，具体的な問題や採点例を「パッケージ」として受け取るだけでなく，自らそれらを作り続けていくことが必要になる。そのためには，作問と評価の抽象的な指針（学習科学の分野で「デザイン原則」と呼ばれるもの）があった方がよいということになる。それをこれまでの CoREF の数々の授業実践や 4 節のような講座実践を基に抽出したのが，表 5 である。これは実践の進行に伴って改訂予定である。

表 5　課題と評価のデザイン原則

協調問題解決や協調学習など **パフォーマンス型評価のための学習課題（活動、環境）のデザイン原則**：
① 各大学（学部、学科、コースなど小さいほど望ましい）のアドミッション・ポリシーに沿った資質・能力目標を明確化し、それを具体的に引き出し得る**メイン課題を設定**する。 ② メイン課題に対する**活動前後での受験者個人の解答**を記述等で必ず表現させる。それによって、共同での達成と個々人の理解深化とを分けて把握できるようにする。 ③ メイン課題の解決に資するディスカッション等のグループ活動、資料読解活動やレクチャ聴講活動を準備する。即ち、**各種活動がメイン課題解決のリソース**

となるようにする。 ④ 課題発見型（オープンエンド）の活動を行わせたい場合は、課題解決型の活動を先に行って、**「解決が次の問いを生む」という二段階**とする。
パフォーマンス型評価における 協調問題解決過程・協調学習過程の評価原則：
① 受験者に求める**資質・能力目標（＝評価観点**：例「柔軟な思考と斬新な発想力」）**を評価規準**（例「実験結果を批判的・俯瞰的に検討できる」「新しい視点を提供できる」）**にブレイクダウンし**、メイン課題の解決時にどのような姿として表れるかという**評価基準（＝指標**：例「VOTAT に従った実験ができる」「ア行の音素の特徴を捉えるのにカ行を調べる」）**を具体的に定める**。そうすることで、受験者に依頼する課題が評価したい言動の観察機会となるかをチェックできる。 ② **メイン課題に対する「答え（期待する解答の要素）」を想定**し、それに照らし合わせて受験者**個々人の事前から事後への変化や事後の達成度、想定以上の解答かを評定**する。「答え」は「知識・技能、理解」を中心にしたものでよい。「思考力・判断力・表現力等」や「学びに向かう力」「協調性」等は「答え」を前進させたかという観点から評価できる。 ③ メイン課題の解決のために受験者の既有知識・体験だけで足りるのか、資料や講義が必要か、それらの情報から何を引き出し、どう組み合わせることで解決に至りうるのかという**「解き方（プロセス）」を想定**し、それに照らし合わせて、実験や資料、講義のメモなどの**必要なプロセスデータを収集**し、ディスカッション等の**プロセスを評価する**。 ④ **期待する解答への達成を最低基準**として、新たな**課題や疑問、探究したい課題の発見から、興味・関心の方向性や多様性、独創性、AP へのマッチ度**を評価する。
実施のためのプラクティカル・ガイド：
○ 教員や TA など主催者側が必ず実施前に自ら課題を解き、シミュレーションを行う。 ○ 実施後は受験者の評定だけでなく、成果と課題を振り返り、次回に生かす。

こうした原則だけでなく，これらを具体的な作問や採点に照らした検討が今後大学の入学者選抜改革の実力を根底的に支えるだろう。そのために東京工業大学の協力を得て，2017 年 8 月に行われた「サマーチャレンジ」のプログラムを見学し，そこに原則を適用させていただいた。以下に簡単に報告する。

チャレンジ２：お役立ちポリマー ― ペットボトルの「おへそ」のわけ ―

物質理工学院 応用化学系 石曽根隆 教授

見学から気づいたこと

○ 講義・課題とも魅力的。講義は高分子の解説がメインであり、課題はペットボトルか発泡スチロールがどう作られていたかだったので、両者がつながるともっとよかった（デザイン原則③）

○ 講義の中にいくつかヒント（熱膨張など）はあったが、講義では全く触れなかった観点（発泡スチロールの作り方で発泡剤（ブタンなど）を注入するという観点等）も期待されていたので、「観察」や「日常体験からの発想」を問われていたのか？（デザイン原則①、評価原則①）

○ 受験者のどのような力や何が一番見たかったのかと考えたときに、ペットボトルの作り方を見つけられるということか、それとも高分子を折角学んだので、「分子と高分子の違いを言えるか？」「なぜわざわざ高分子と言うか」などを、学んだことを使って説明できることなのか、といったあたりを明確化したい（評価原則①②③）。演示後の問い掛け「この中に高分子が溶けている。お湯に入れると濁る、氷水に入れると溶けて透明になる。おかしいと思わない？」というのが秀逸なので、それをメイン課題にすることも考えられた。（デザイン原則①）

チャレンジ５電気をどうやって送りますか？ ― 直流か交流か、それが問題だ ―

工学院 電気電子系 安岡康一 教授

見学から気づいたこと

○ 講義の語り口調が面白く、そこで扱われた素材も魅力的。その優れた素材と課題（単位記号の書き出し，日本地図描画）がマッチングすればさらに良質に。（デザイン原則①③）

改訂案

○ メイン課題「皆さんが家を建てることになりました。配線は直流か交流か、どちらを選びますか。理由は何ですか？」（家とその中の電磁調理器や扇風機等が描かれている絵）
  - 導入：発電所から家庭まで電気がどう来ているかの講義
  - Pre：上記への一人ひとりの記述解答
  - 次の３資料を分かれて読み込む
    - Expert A：直流のメリット，デメリット（課題②電球 50 個並列点灯もここに埋め込む）

- ✧ Expert B：交流のメリット，デメリット
- ✧ Expert C：家にある種類の家電は直流がよいか，交流がよいか（電圧を変えるか，電流を変えるか)。コストの視点も含め。
- ➢ 上記 3 資料の内容を交換・統合（Jigsaw 活動）
- ➢ 作った答えをグループごとに全体に向けて発表（CrossTalk 活動）
- ➢ Post：一人ひとりの同じ問いへの記述解答

チャレンジ７：情報をコントロールせよ！ ― シナプスの精妙なるメカニズム ―
　生命理工学院 生命理工学系 一瀬宏 教授

見学から気づいたこと

○　治療にも直結する医療現場の最先端の話が聞けて、楽しい時間でした。また研究プロジェクトを考える課題も意欲的でした。(デザイン原則①③④)

改訂案

前半は下記のような「知識構成型ジグソー法」授業

○　メイン課題「化学シナプスで情報が伝達されるのはなぜだろうか？」
- ➢ Pre：上記への一人ひとりの記述解答
- ➢ 次の 3 資料を分かれて読み込む
  - ✧ 資料 A「細胞が伝えたい情報は何だろう？」(細胞が伝える情報と化学物質の関係）
  - ✧ 資料 B「ヒトの脳と PC の違いは？」(アナログとデジタル）
  - ✧ 資料 C「シナプス間隙は必要？」(ニューロンとニューロンが結合していない理由）
- ➢ 上記 3 資料の内容を交換・統合（Jigsaw 活動）
- ➢ 作った答えをグループごとに全体に向けて発表（CrossTalk 活動）
- ➢ Post：一人ひとりの同じ問いへの記述解答

後半はグループディスカッション

○「脳の研究によって、どんなことを実現したいか、各班で研究プロジェクトを立てよ」

チャレンジ２・３・４・６共通

見学から気づいたこと

○　「製品から制作過程を再現する」「要素技術や部品からできることを考える」「構造体や要素間の関係、システムの在り方などのコンセプトを視覚的・言語的に表現できる」など、工学的思考・デザイン思考が問われているようにも感じる。明確化して言動を評価できると貴大学の大きな強みになるのでは？（デザイン原則①、評価原則①）

チャレンジ３＆４

○　一番の柱となるチャレンジのためか、最も工夫も準備もされたセッション。同じ内容のまま、次のような改訂が可能かもしれません。 ○　個人のチャレンジ前後のモデル（タイマー）と要因（ボールペン）を書き出す（デザイン原則②） ○　「観察力」「考察力」「発想力」をどのような言動を期待するかにまで落とし込んで課題や活動をデザインする。つまり、どこで悩んでほしいのかの「悩み処」をはっきりさせる（デザイン原則①③、評価原則①②③）。例えば、モノを使わずに相談、計画、考察する時間と、モノを使って解体・実験する時間とを分けて、「考察力」と「観察力」を観察したり、両者の往還を記録しながら進めることで、結果をまとめて今はない視点を得る発想力を捉えたりなど。

また 2017 年 6 月の模擬サマーチャレンジにおいては,高校関係者とのチャレンジ後の議論で「採点方法」に関する議題が多く出されたため，評価規準・基準の例も具体化した。

チャレンジ A（篠田先生）「あ・い・う・え・おはよう！」

見学から気づいたこと

○　「機械に母音を認識させるための特徴を，実際に音声波形表示器を使いながら実験して探す」という課題１が協働問題解決にふさわしいもの（一人では解けないので力を合わせたくなった；課題も身近でわかりやすかった）であった。 ○　考えを進めるための道具（実験して結果をすぐにチェックできる）も用意されていた。 ○　募集方法の適切さか，基本的に学習意欲の高い生徒が集まり，協調的に活動できていた。また解答をスマホで探す生徒もおらず，気持ちのよい場になっていた。 ○　６人組という設定も若干多いが，全体人数を考えると，適切。 ○　篠田先生の導入の講義や解説もわかりやすかった。先生の専門性に基づいて，高校生に適切な課題を提示されていた。

評価に向けた課題１の観察結果

1. 多様な音の吹き込み方：
   - 「あいうえお」と続けて。「あい」「いう」と切って。「おえういあ」と順番変えて
   - 「あ」だけを全員
   - トーンを平板に。声の大きさを変えて
   - 「うくすつぬ」「おこそとの」など子音を変えて。
2. 音声波形とスペクトログラムの多様な使い方（どちらを見るか）
3. 多様な協働の仕方（リーダーが引っ張る，全員参加型，役割分担など）
4. 多様な気づき（きれい，ぎざぎざ，数値）
5. 多様なまとめ方（文字だけ，図ーグラフ，数字，色）
6. 多様な発表（気づきのポイントの違い，知識の違いー「周期が長いので低い声」「汚いので合成されている」ー）

上記に評価原則を適用した改善案（データ収集法）

1. グループ活動時の課題提示及び解決過程を記録するためのシートを用意する。
2. 個人個人の変化を追うために，事前（グループ活動前）に一度個人で問いに対する答えを書かせ，事後（グループ活動及び全体発表後）も書かせて変化を捉える。
   - 事前課題案：「あいうえお」の違いについて，各々声を出してから，その体験を基に仮説を書いてみる，など。
   - なお，グラフの見方を説明するなど，課題理解をある程度深めておくのが重要＋TA の活動中の介入・補足説明を最低限する（TA が介入するとグループの活動が落ちていたため）
3. 吹き込む音声と見た画面のログを自動的に収集しておく。
4. 「試した音」「見た画面」「気づきの会話」「記録・まとめの記述」の 4 点で観察
5. 余裕があれば，全班に ICR やビデオで記録を取る（上記４のためにも効果的）。

上記に評価原則を適用した改善案（分析法）

- 期待する解答（の要素）を定める：「周波数の違い」「周波数の合成のされ方に関する違い」「それぞれの値」など
- 上記の解答にたどり着く（アプローチする）ための道筋のモデル
  （正解にたどり着きやすい道筋は何なのか；正解の道筋をたどっているとよいのか；
  単なる試行錯誤など多様であればよいのか；試行錯誤しながら軌道修正できるとよいのか，など）
- 上記の解答を軸に「知識・技能」「思考・発想力」「協調性・リーダーシップ」「表現力」を定める。

評価の分析規準例

評価項目	評価規準（内容）	課題1での指標例
知識・技能	期待する解答の要素の前後記述； 作業や発表中の発話・記述	周波数やその合成の違いへの気づき；あいうえおの値
柔軟な思考と斬新な発想力	上記要素を論理的・批判的・科学的に導出できているか； 新しい違った視点を提供できているか	実験の仕方，結果の解釈（VOTAT，共通性・相違性の組織的検証）； 新しい実験の提唱（おこそとの等）
協調性，リーダーシップ	自他の意見の統合（多くの意見の収集・傾聴）； 適切な役割分担・交代 グループを話し手として牽引，又は聞き手として統合できるか	気づきの共有・取捨選択・精緻化； 実験役とまとめ・記録役； 課題遂行（何からやる？～ってみようか？） モニタリング（ってこと？　他には？　～だったら～っていうことになる？）
表現力	多様な方法（言葉，描画）で表現しているか； 言い直しや話しながら考えているか； 発表時にグループ議論を代表しているか	言葉・ジェスチャ・描画・モデル化； 言い直し・質疑応答による精緻化； 大事な気づきを落とさずに発表＋他のメンバーの貢献への言及

最後の分析規準例に見るような表について，各大学関係者が自分たちの評価項目を洗い出せるか（表の縦方向の検討），規準を詳細化できるか，課題ごとに評価指標（アンカーポイント）を同定できるか（表の横方向の検討）が今後の大きな課題となる。それがはっきりしてくれば，おのずと各選抜の場面において，何を事前に開示するのか，事後的に採点例をどこまでどのように開示するのかも定まってくるはずである。

実際に，模擬サマーチャレンジ後の高大関係者の交流会は非常に有益であった。そこからの気づきとして，例えば次のような点があった。

- 生徒が「何について考えればよいのか」という課題理解の支援，焦点化は必要（その際どのような言動を行えばよいのかは「指標」―そこまで示すかどうかは大学側が決めればよい。「規準」を示すこと自体は生徒にあまり大きな制約を与えない）
- この試みは公平性を多少犠牲にしてでも大学，高校双方がリスクをとってより教育（高大接続）を目指すもの。高校・大学双方が「こういう生徒が活躍できるのではないか」と仮説をもって選抜できれば，その後の教育に熱が入るだろう。
- そのためには，データの収集や分析が「過渡期」であることの共通理解
- 子どもたちの協調的な学習プロセスに関する洞察が大事（リーダーとフォロワーや，話し手と聞き手の役割交代によって理解が深まる「建設的相互作用」理論など）
- 多面的な評価規準で多様な生徒のよさを見出す評価で，入学後の「チーム」を作るという観点が必要
- こういった過渡期の共通努力のために，交流会の場自体が大変有効。

6. 評価を支えるテクノロジ

ここまで論じた入学者選抜改革は，大学入学後に必要になる力の自覚化と，それを受験生に発揮させる場のデザインとそこで得られたデータの丁寧な評価，これらすべてに関わる高大関係者の当事者意識の強化によって可能になる。

その一つの契機として，アクティブ・ラーニング型実践≒パフォーマンス課題における子どもたちの学びのデータの収集と評価活動がある。その効果の大きさは 3.4 節に示した通りである。もし子どもたちのグループディスカッションの様子が何度でも振返って吟味できるようになっていれば，１）選抜のアカウンタビリティに応えるだけでなく，２）関係者の協調的再吟味や，３）それを通した選抜自体の質向上も可能にする。

問題は多人数発話状況における音声認識の難しさである。そこで東京大学では，2018 年 1 月の実践学講座における知識構成型ジグソー法演習時の対話の音声認識（テキスト化）可能性及びその分析可能性の検証実験を行い，対話型の学びを評価するための手法や観点について検討した。

成果としては，図 3，4 に見るように対話的な複数話者同時発話場面における音声認識精度（全体をどれだけ正確にテキスト化したか）を平均 46.1％（レンジ 28.5%-66.2%），一人での発表場面の認識精度を平均 72.0％（レンジ 46.6%-95.8%）で起こす結果を得た。結果に見るように，複数話者が同時に発話する状況では，まだまだ精度が低く，この不明瞭で，オーバーラップも多い，しかし「考えながら話す」ときには典型的に見られる対話をどう起こしていくか，不完全なデータであってもそれを人がどう使っていけるかが大きな課題である。

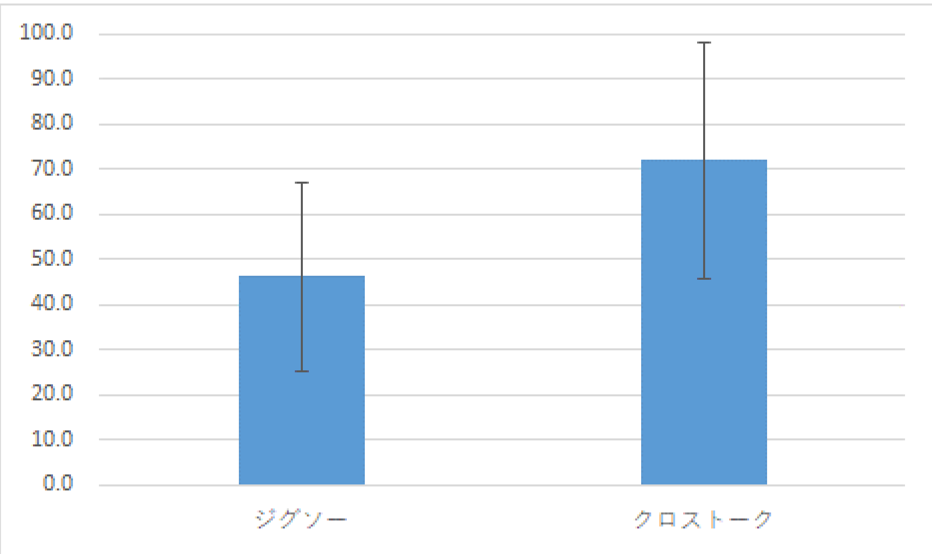


図 3　音声認識精度の対話（ジグソー）と発表（クロストーク）場面比較

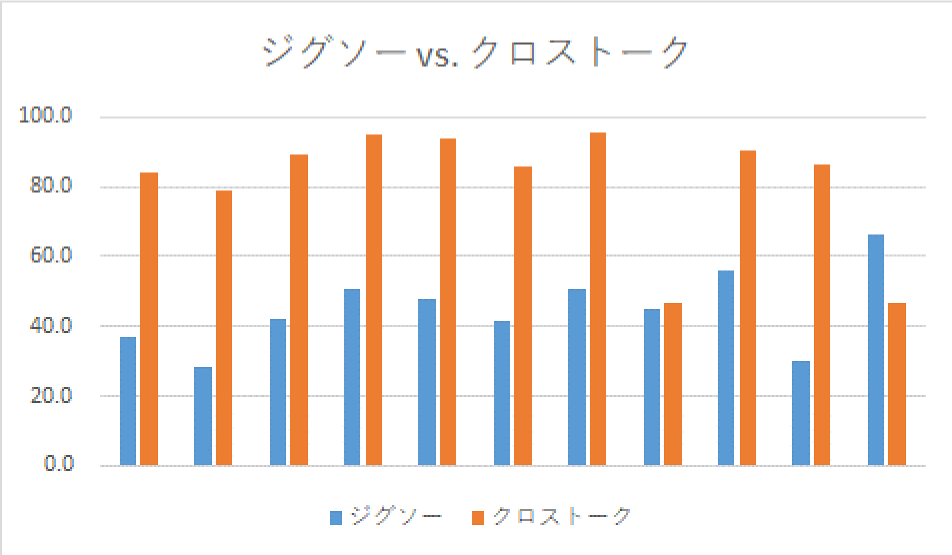


図 4　音声認識精度の対話と発表場面比較（グループごと）

無断複製禁止の標記について

委託業務に係る成果報告書の無断複製等の禁止の標記については、次によるものとする。