

事例

1-1

D 情報の技術 研修 (D1)

テーマ

【学齢に応じた情報教育と問題解決のための情報技術利用】

目的

内容「D情報の技術」の「(1)生活や社会を支える情報の技術」を教えるための背景について、俯瞰的に理解する。

-
- STEP1（講義，演習）の目的：情報教育を体系的に表すと，小学校におけるプログラミング的思考を育む学習，中学校でのネットワークに関わるプログラミングと計測・制御に関わるプログラミングの学習，高等学校での共通教科情報の情報Ⅰと情報Ⅱ並びに専門教科情報などでの学習となっている。これらの学校種に応じた情報教育の内容について理解する。
 - STEP2（講義，演習）の目的：社会における問題解決では情報環境の利用が有効となる。そのため，コンピュータ発祥以前の紀元前からの情報機器変遷の流れを理解し，現在の社会におけるコンピュータ利用の本質と役割について理解する。
 - STEP3（講義，演習）の目的：情報並びに情報環境を用いての問題解決は，コンピュータが利用される。そのため，コンピュータの原理を理解するとともに，コンピュータを利用した問題解決について理解する。
-

研修概要と使用教材

1. 研究概要

D(1)の指導内容は次のとおりである。

(1)生活や社会を支える情報の技術について調べる活動などを通して，次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 情報の表現，記録，計算，通信の特性などの原理・法則と，情報のデジタル化や処理の自動化，システム化，情報セキュリティなどに関わる基礎的な技術の仕組み及び情報モラルの必要性について理解すること。

イ 技術に込められた問題解決の工夫について考えること。

情報の内容はコンピュータそのものの「物」の扱いと、人間の知識や思考さらには感性に関わる「もの」の扱いが複合している。そのため、以下のように学校種を考慮しながら考察する。

- ・ 小学校、中学校、高等学校における情報教育の内容
- ・ 現在の社会で広く利用されているコンピュータが紀元前からどのように発展し改良され、現在のコンピュータ並びに生活に密着した情報環境を形作っているかの状況
- ・ 計算の道具として発展してきたコンピュータの原理としてのネイピア棒による補数利用
- ・ 現在のコンピュータ利用や情報環境利用の基礎的な概念としての情報環境を用いた問題解決の手順と PIC マイコンを組み込んだ LED 発光教材を用いたアルゴリズムの事例

内 容

【STEP1 (講義)】

技術分野で扱う情報教育は、小学校での全教科でのプログラミング的思考を育む学習、中学校での技術教育の一部としての情報教育、高等学校での共通教科情報並びに専門教科情報などの流れの中で行われている。

中学校技術分野における情報に関わる学習は、小学校での論理の流れの理解としてのプログラミング的思考を育む学習を受けての学習であり、さらには高等学校での高度なプログラミング学習への橋渡しの役割も持つ。技術分野におけるプログラミング学習は内容「D 情報の技術」の「(2) ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングによる問題の解決」と「(3) 計測・制御のプログラミングによる問題の解決」が該当する。高等学校への接続を考慮する際には、中学校段階ではどの程度の複雑性を伴って高等学校でのプログラミング教育に発展させるかを意識する必要がある。

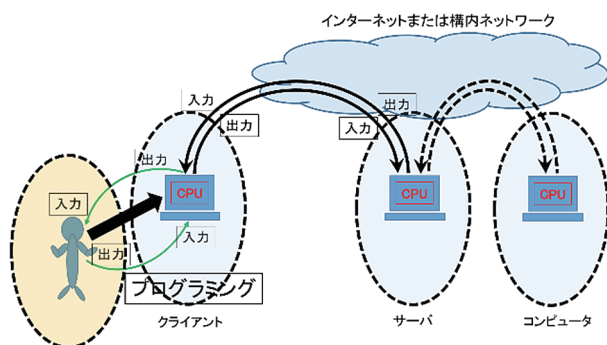


図1 クライアント上でのプログラミング

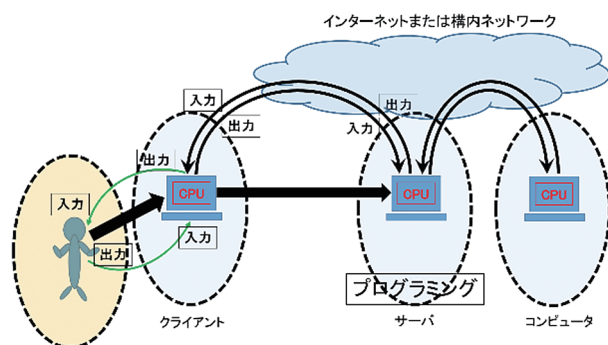


図2 サーバ上でのプログラミング

図1と図2は、D(2)で学習するプログラミングについて、Webなどにある遠隔情報をクライアントコンピュータ上とサーバコンピュータ上で処理するプログラミングを比較したものである¹⁾。

図1が手元のクライアントコンピュータでプログラム制作を行う状態で、図2がクライアントコンピュータからサーバコンピュータにネットワークを介してログインして遠隔操作する状態を示している。中学校段階では、複雑さを軽減するために、図1の手元のコンピュータで作業する学習が主流になると思われる。

図3と図4は、D(3)で学習するプログラミングについて、自立走行ロボットへのプログラミングでの自立走行後の処理の違いを比較したものである¹⁾。

図3は手元のコンピュータでプログラムを制作し、移動走行ロボット用のCPUにUSBなどを介してプログラムを書き込んで自走させる事例であり、図4はネットワークを経由して遠隔でプログラムを制作し、動作させ、さらには動作時のセンサやアクチュエータの動きの情報を手元のサーバコンピュータに転送する事例である。ネットワーク経由のプログラミングは授業時数の関係から、図3の簡素なプログラミングを中学校で学習して、高等学校でのネットワークを介したプログラミングに発展させることも考えられる。また、センサ・アクチュエータの数と種類は、小学校段階での理科の1点または2点の温度センサなどでの計測やアクチュエータ操作による移動ロボットの計測または制御の学習を発展させ、中学校では計測と制御が合体して動作することを理解させ、さらには高等学校で

はセンサ・アクチュエータの数と種類を増加させての学習に発展させることが、学校種を考慮した情報教育におけるプログラミング教育の展開として捉えることもできる。

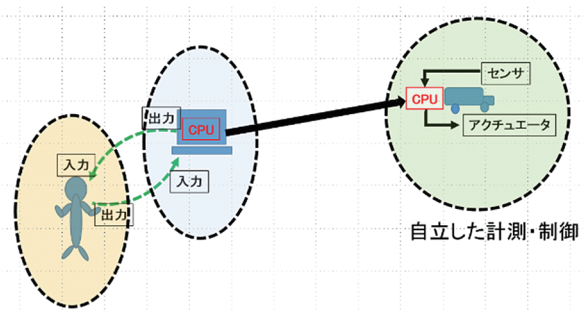


図3 直接書込操作による計測・制御

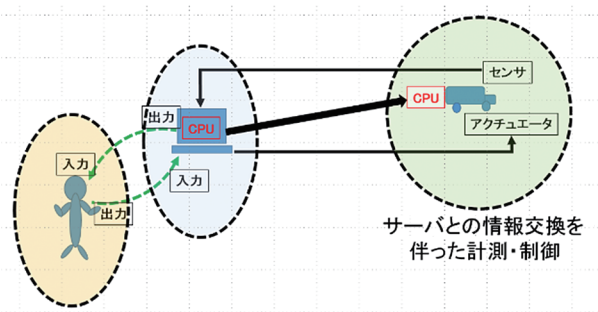


図4 手元のサーバとの通信を伴う計測・制御

【STEP2（講義、演習）】

過去からの現在までの情報に関わる変化を考慮して今後の情報環境利用の方向性を推測すると、現在の社会における情報環境利用を理解することが容易となる。そのため、まず紀元前から現在に至る情報機器の変遷について考察する。過去から現在までの計算機器や情報機器の重要な変化や現在の社会での情報利用として、下記の事例が挙げられる²⁾。細かい機器名は重要ではなく、機能が時代とともに変化してきたことが重要である。なお、コンピュータが計算機と表現されるように、“機”には自動化を含む意味を持たせ、“器”には手動を含む意味を持たせて表現している。

1. 世界の文明の発祥と情報機器変遷の関連性

六大文明（メソポタミア文明・エジプト文明・インダス文明・黄河文明・メソアメリカ文明・アンデス文明）

2. 文字・数字の記録と計算

エジプトのヒエログリフ文字（B.C.）、マヤ文字（300年～900年）、インカ文明のキープとユパナ（1438年～1533年）、沖縄藁算（1190年～1879年）

3. 計算具の発達

サラミスの線そろばん（B.C.）（ギリシア碑文博物館）、ローマ時代の計算の道具（B.C.）（国立カピトリニ美術館）、ダリウスの壺（B.C.）（ナポリ国立考古学博物館）、ネイピア棒

4. そろばんの発達

ローマ時代のそろばん（B.C.）（国立ローマ博物館 マッシモ館）、中国のそろばん（20世紀）、日本のそろばん（20世紀）、日本の現在のそろばん

5. 機械式計算器の発達

シッカード計算器（1623年）、パスカル計算器（1645年）、ライプニッツ計算器（1673年）、バベッジの階差機関（1822年頃）、バベッジの解析機関（1833年頃）

6. コンピュータの発達

ENIAC（1946年）、UNIVAC（1950年）、大型コンピュータ（1970年代）、Apple I（1976年）、パンチカードシステム（1980年）、IBM 小型コンピュータ（1981年）、CRAY スーパーコンピュータ（1975年）、Apple II（1977年）、Deep Blue（チェス用コンピュータ）（1996年）、スーパーコンピュータ地球シミュレータ（2002年、40.96TFLOPS）、スーパーコンピュータ京（2012年、8.16PFLOPS）、スーパーコンピュータ富岳（2021年、415.53PFLOPS）

7. 現在の生活における情報環境利用

家庭生活での家電製品などの情報環境利用、社会生活でのキャッシュレス支払いやインターネット購入などの情報環境利用、産業生活での生産効率を上げるための情報環境利用、現代社会における情報環境利用の利点と問題点、未来の情報環境の予想

このように、当初は絵を用いた動物の数などの記録から始まり、文字の記録に移り、定住生活により村落が形成されるようになると収穫高の数値としての記録や税金などの計算が行われるようになった。時代とともに徐々に扱う桁数も増加し、計算の道具が必要になった。この記録として、大理石に引いた線の上に丸石を並べて計算するサラミスの線そろばんに起源がある数値表現の3桁区切りとしてのサウザンドセパレータが発明され、欧州を中心に「.」が、英米アジアを中心に「,」が利用され、逆に小数点表記は欧州が「,」が、英米アジアが「.」として使われるようになった。コンピュータの記録の単位はKビットやMビットなどが用いられるが、10進数での3桁区切りは紀元前のサラミスのアバカスの利用が影響していると考えられる。

コンピュータの原点は演算、記憶、制御、入出力の基本概念を考案したチャールズ・バベッジ (1791-1871) の解析機関にあるが、その前の機械式計算機の発展の本質はジョン・ネイピア (1550-1617) が開発したネイピア棒の補数表現にある。ネイピア棒は、英国ケンブリッジ大学内のフィッ プル博物館やエディンバラのスコットランド国立博物館などに展示されており、木材で作られた長 方形の板状の物や骨で作られた直方体の棒状の物がある。これは 14 世紀にギリシャ人のマキシム・プ ラヌデスが考案した格子掛算を利用しており、柁目の中に九九表を描いており、右上から左下方向に 九九表の要素の足し算をすることにより掛け算の九九表を記憶しなくても掛け算が足し算でできる 利点がある。我々が掛け算を筆算で行う際の縦方向の各桁が斜め方向に並んでいると考えれば分かり 易い。ネイピア棒の全体を並べた状態は図 5 に、計算での 64×23 の利用は図 6 に示している。図 6 においては、被乗数の 64 の棒を抜き出し、乗数の 23 の値の個所を上下方向で選択して利用する。 これにより、 60×2 と 60×3 並びに 4×2 と 4×3 の柁目が組み合わせて利用される。

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81

図 5 ネイピア棒全体図

	6	4
1	6	4
2	12	8
3	18	12
4	24	16
5	30	20
6	36	24
7	42	28
8	48	32
9	54	36

図 6 ネイピア棒の計算での利用

ネイピア棒での計算の原理を理解するために、 64×23 を考える。我々が筆算で計算する場合は、図7のように筆記して計算する。図8を見て分かるが、途中の暗算を使わずに九九表の値を記載して計算する方法は、図6にあるように、ネイピア棒の要素を足すことに相当し、ネイピア棒の要素を右上から左下方向に取り出すと、1の桁が2、10の桁が8と1と8、100の桁が0と2と1、1000の桁が1となり各々を足すと、図8の結果の1472となる。このようにネイピア棒を用いると、掛け算が足し算だけでできることが分かる。

$$\begin{array}{r}
 64 \\
 \times 23 \\
 \hline
 192 \\
 128 \\
 \hline
 1472
 \end{array}$$

図7 筆算による 64×23 の通常の計算

$$\begin{array}{r}
 64 \\
 \times 23 \\
 \hline
 1 \\
 2 \\
 1 \\
 8 \\
 \hline
 0 \\
 8 \\
 1 \\
 2 \\
 \hline
 1472
 \end{array}$$

図8 筆算による 64×23 の途中加算をしない計算

引き算は、ネイピア棒の9の補数の組み合わせを表と裏に上下逆にして配置することで可能となる。例えば、 $64 - 23$ を計算する場合は、6と4と0のネイピア棒の裏側にそれぞれ足して9となる値の3と5と9の九九表を配置し、次のように計算する。

$$\begin{aligned}
 64 - 23 &= 064 - 023 = 064 + 1000 - 023 - 1000 = 064 + (999 - 023) + 001 - 1000 \\
 &= 064 + 976 + 001 - 1000 = 064 + 977 - 1000 = 1041 - 1000 \Rightarrow 041
 \end{aligned}$$

先頭に0を付ける意味は、先頭0は正の値で先頭9は負の値を意味する9の補数表現に変える手順であり、1000を加えて1000を引くのは10の補数である上位からの借りをなくす方法で $999 + 1$ に変えることで999から当該数の023を引き、各桁ごとに引き算ができるように9の補数表現に変換するためである。生じた976は -023 の9の補数表現であり、 $976 + 1 = 977$ は -023 の10の補数表現となる。064から023を引く、すなわち正の数である064に負の数である977を足すことにより、引き算が可能となる。最後の1000を引く作業は桁調整であり、実際の計算は1000を引かずに最後から3桁分のみを取り出す作業となる。なお、今回の結果は正の41であるために先頭に0が付いているが、結果が負の場合は3桁の結果の先頭が負を意味する9となる。

残りの割り算は掛け算と引き算で作業できるため、結果としてネイピア棒を使うと四則演算全てが足し算だけでできることが分かる。これは、コンピュータを構成する際に、四則演算全ての機構を組み込む必要はなく、補数回路と足し算回路のみを使えばコンピュータを構成できることが分かる。2進数の計算では、1の補数表現はNOT素子を使って簡単に実現できる。

中学校教員対象の研修²⁾においては、 $100 \times 10 \times 10$ mmの木材に紙に印刷したネイピア棒の九九表を貼り付け、ネイピア棒の具体的な操作を通して補数の概念を理解している。

【STEP3（講義，演習）】

問題解決は，生活や社会における問題を発見し，目的に合うように条件を変えながら解決していくことである。そのためには，問題を発見し，解決できる部分と解決できない部分を切り分け，解決できる部分について方策を考えながら解決していくことになる。このとき，一度で解決できることはまれで，通常は何度も繰り返しながら解決方策を探って目的の様態になるように改善を繰り返す（図9）¹⁾。

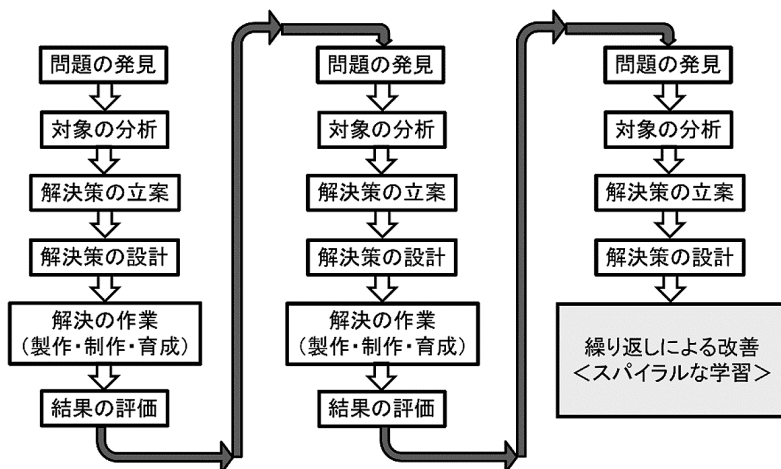


図9 問題解決のループ

情報の内容における問題解決はコンピュータを使うことが前提となる。中学校の段階では大規模システムに対する問題解決を扱うことは少ないため，簡単な問題解決を扱うことになる。D(1)に続く内容としてD(2)並びにD(3)のプログラミングがあるが，小・中学生を対象とした授業や教員研修で利用できる写真1のPIC-GPE組込LED発光教材^{3) - 5)}について以下に紹介する。

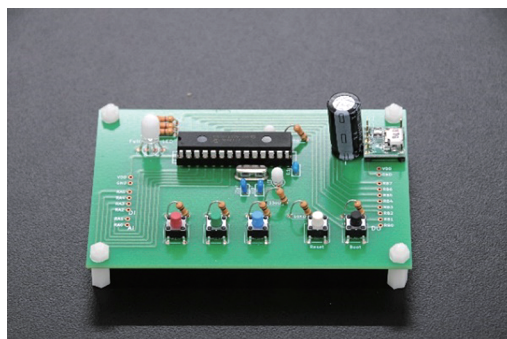


写真1 PIC-GPE組込LED発光教材

写真1のPIC-GPE組込LED発光教材は基板上にPIC18F2550を取り付けており，コンピュータから図10のPIC-GPEソフトウェアによりフローチャートを描いてPIC内で実行できるHEXファイルを作成し，USBを介してPIC18F2550に実行できるプログラムを書き込むことができるようになっている。アイコンを用いてフローチャートを手軽に操作でき，小学生から高校生まで利用できるように構築されている。この教材では，小学生向けには1時間程度の学習でフローチャートが描ける機能があり，中学生向けにはPIC側に取り付けるセンサの情報を画面上にグラフ表示できるようになっており，高校生向けには右側のCプログラムを直接編集して細かいPICの操作ができるようになっている。

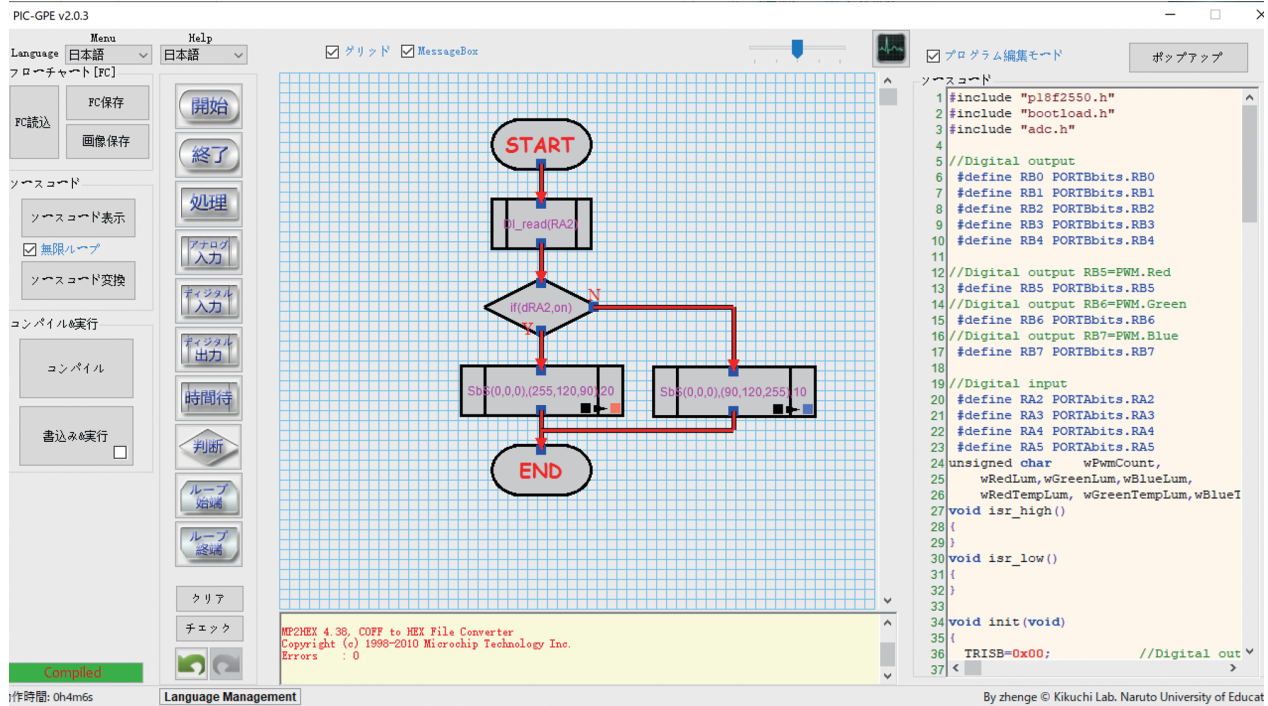


図 10 PIC-GPE ソフトウェアの操作例²⁾

図 11 から図 13 に示すアルゴリズムの概念としての順次・反復・分岐の概念は小学生でのプログラミング的思考を育む学習から培われるため、技術分野の D(2) や D(3) の内容にスムーズに引き継ぐことが重要となる。さらに、高等学校での情報教育との連続性を考慮することもできる。

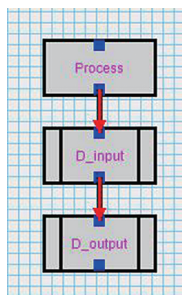


図 11 順次処理例²⁾

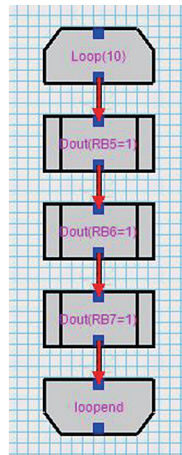


図 12 反復処理例²⁾

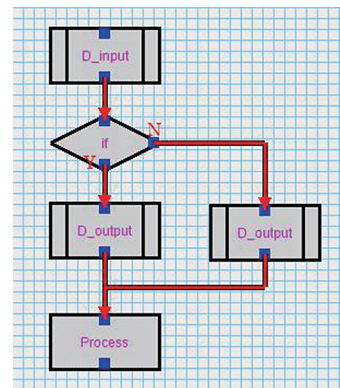


図 13 分岐処理例²⁾

このような PIC マイコンを利用した計測・制御やネットワーク機能を有する CPU ボードを利用することで、図 14 のように家庭内での利用を想定した計測・制御利用を考えることもできる。



図 14 ハウスモデルの計測・制御事例⁶⁾

参
考
文
献

- 1) 菊地：第 I 部 第 1 章 小・中・高等学校でのプログラミング教育の重要性，(一社)日本産業技術教育学会(編)小・中・高等学校でのプログラミング教育実践－問題解決を目的とした論理的思考力の育成－，(一財)九州大学出版会，(2019 年)
- 2) 菊地他：令和元年度産業・情報技術等指導者養成研修資料，会場 鳴門教育大学，令和元年 8 月 5 日～9 日，(2019 年)
- 3) 菊地・鎮：プログラムによる計測・制御学習のための GUI プログラミング環境の構築，日本産業技術教育学会誌，第 54 巻，第 2 号，pp.59-67，(2012 年)
- 4) 鎮・菊地：PIC-GPE と連動した PIC-Monitor の開発，日本産業技術教育学会誌，第 56 巻，第 1 号，pp.19-27，(2014 年)
- 5) 菊地：PIC-GPE，<http://www.naruto-u.ac.jp/facultystaff/kikuchi/pic/PIC-GPE/index.html>
- 6) (一社)日本産業技術教育学会：リーフレット，<https://www.jste.jp/main/leaflet.pdf>