
オープンフィールドにおける人間の行動軌跡を
測定する簡易アクトメータの開発

(研究課題番号 02558035)

平成4年度科学研究費補助金(試験研究B)

研究成果報告書

平成7年3月

研究代表者 野 嶋 栄 一 郎

(早稲田大学人間科学部教授)

はしがき

従来、授業研究は教師と生徒のコミュニケーション過程にのみ重点が置かれていた。規格サイズの教室の中の一斉授業という枠組みの中で納まる授業研究の場合はその中でも良かった。しかし、学校建築の自由度をもたせた、オープンスペースで行われる授業や、生活科のような観察や体験を中心とした授業の場合、教師や生徒の活動の量や内容が重要な意味をもつようになる。極端に言えば、行動を通して認知的活動を推し量っていたものが、行動そのものが、認知的活動と同等の重みをもつものとなってくる。

学習活動は、身体の空間移動として客観的に観察可能な現象である。従来の測定方法としては、評定法、行動観察法、およびなんらかの装置による測定法が用いられている。なんらかの機器を用いた測定法に関しては、特に情緒障害児の多動・寡動現象を数量的にとらえようとして各種装置が考案されている。それらは主として既存の万歩計、自動巻腕時計を改造したいわゆるActometer、あるいは超音波による移動検出装置などである。これらの方法は、人による評定や視察観察法に比べてはるかに安定した測定システムといえるが、活動量の累積値のみしか読み取れなかったり、測定場所が固定されていたりしさまざまな限界がある。特に空間移動をとめない刻々変化する活動性を測定するには、新たな方法の開発が必要である。

本研究は、上記のような意図から、2次元空間上におけるヒトの移動軌跡を測定するための軽量な計測器（簡易アクトメータ）の開発を目的とした。ここで移動とは歩行を伴ったロケーションの変化であり、方向と移動距離の測定が必須となる。また、行動の軌跡の記録を念頭においていることから、一定時間間隔のサンプリングに基づく時系列的なデータをある程度長時間記録できなければならない。なぜなら、我々はこのような計測器の利用をヒトのオープンフィールドにおける行動の研究に利用することを念頭においていたからである。しかもこのような測定が可能な計測器は、万歩計のように、たとえばベルトに装着して携行できるものでなければならない。

当初我々は開発しようとする計測器がこれらの条件を満たすために、次のようなスペックを想定した。

(1) 移動方向の検出は、最も簡易なものとして、方位磁石を利用した方法を考えている。一方、移動距離の検出は加速度計または万歩計センサを利用した歩数の計測を行い、それに被測定者の歩幅を乗じて算出する。

(2) サンプリング頻度は15秒毎を想定している。その間の歩数と方位のデータをメモリに蓄積し、測定終了後ホスト計算機に転送して各種処理を施す。データ容量は約10時間分とし、計測器内部のメモリとして30Kバイト程度を搭載することとする。

実際には、(1)のプランは主として方位磁石に起因する問題から日の目を見ていない。その代わりに、(2)の機能は当初の機能をはるかに上回る完成度と実用性に達した。本研究は当初の目標の50%を達成したに過ぎない。試験研究ではあるが、それでも教育現場での利用可能性等に大きな展望をもたせてくれた。この報告書から新たな授業研究のあり方が論ぜられるようになることを期待して止まない。

最後に本報告書が正規の提出期日よりかなり遅れを伴ってできあがったのは、ひとえに代表者の責任にあることを深謝する次第である。

【研究組織】

研究代表者：野 嶋 栄一郎（早稲田大学人間科学部 教授）
研究分担者：佐 古 順 彦（早稲田大学人間科学部 教授）
研究分担者：梅 沢 章 男（福井大学教育学部 教授）
研究協力者：矢 島 正 晴（早稲田大学人間総合研究センター客員研究員）

【研究経費】

平成2年度： 2300千円
平成3年度： 1700千円
平成4年度： 600千円
計： 4600千円

【研究発表】

矢島正晴、野嶋栄一郎、梅沢章男（1990）「ラップ計測可能な歩数計測システムによるヒトの活動性測定 (I)」日本教育工学会第6会大会、p275-276
野嶋栄一郎、矢島正晴、奈須ひろみ、石川真（1993）「オープン・エデュケーションと活動性(1)」、日本教育心理学会第35会総会発表論文集、p464
矢島正晴、野嶋栄一郎、梅沢章男（1994）「オープンフィールドにおける行動の測定：ラップを測定する万歩計の開発」、日本教育工学会研究報告集 情報処理・一般研究会 JET90-3、p47-50
野嶋栄一郎（1994）教育実践を測る 浅井邦二（編）「こころの測定法」実務教育出版、p330-356
矢島正晴、野嶋栄一郎、梅沢章男、佐久間茂和（1994）「学校教育場面における活動性の時系列的測定」、日本教育心理学会、p775-760

目次

はしがき	1
研究組織・研究経費・研究発表	3
研究成果	5
第1部. アクトメータ・システムの開発	5
第2部. アクトメータ・システムの評価的基礎研究	20
第3部. 活動性を指標としたオープンエデュケーションの評価研究	27

第1部. アクトメータ・システムの開発

教育場面における学習者の行動の観察は、普通、教師によってなされる。そこで用いられる主な方法は、直接的 (direct) で日常的 (incidental) な観察法であろう。ここに、'直接的' とは、なんらかの機械的装置に依存せずに、観察者自身の感覚装置である目や耳によって観察が行なわれることを意味する。また '日常的' とは、'組織的 (systematic)' の対極にある方法で、後者の組織的観察法では、観察すべき行動の目録を作成したり、観察場面を計画的に設定するなど、観察行為にあらかじめ意図的統制が加えられるが、前者の日常的観察法ではそのような統制を必要としない (たとえば、小川と浜名, 1974; 石川, 1974)。

教師の行なう行動観察が直接的、日常的観察法によらざるを得ない理由は明らかであろう。しかしながら、この種の方法によって得られる観察データは、多くの場合、質的、定性的であって、教育環境を構成している様々な変数と学習者の関係について定量的な分析を加えることは困難である。また当然のことながら、観察者の視野を超えた場所や時間帯にまでその観察が及ぶことも、もちろん不可能である。

教育環境の中で展開される学習者の多様な認知、学習についての分析に際して、学習者の行動や身体的活動に関わるデータは、その基盤をなすものと考えられる。たとえば、学校など多くの教育場面では、学習者の諸活動は '時間割' といった時間的枠組みの中で継起しており、また建物などの空間的枠組みの制約を受けている。環境におけるこうした基本的な特性と学習者との関係を探る上で、行動の一側面である空間内の移動についての間接的、組織的な行動観察は有力な方法の一つであろうと考えられる。

ところで、オープンフィールドにおける簡易な行動測定装置に '万歩計 (pedometer)' がある。これは通常、被測定対象者の腰部に装着して、内蔵された歩行センサにより歩数の計数を行なうものである。ここで使用されているセンサは、バネや振り子によって構成された機械的センサであり、その測定精度の不安定さといった問題が指摘されているものの (Tryon, 1984)、身体的活動量の測定装置としてはおそらく最もポピュラーなものである。実際、星ら(1989)は、多数の児童にこの万歩計を、起床時から就寝時まで毎日携帯させることで、一日を単位とする彼等の活動量を収集した。こうしたデータは、各児童の全生活時間帯にわたる行動の一側面についての客観的な指標を提供することができる。

しかしながら、活動性の測定装置として、市販されている万歩計を見るとき、そこには次のような共通の欠点がある。それは、歩数の時系列的データ収集が、不可能ではないにせよ、事実上きわめて困難だということである。なぜなら、普通の万歩計は、常に測定開始からの累積歩数のみを表示するだけだからである。このような既存の万歩計をそのまま用いて、あえて時系列的測定を行なおうとすれば、測定者なり、あるいは被測定者なりが定期的に万歩計の表示値を読み取るという繁雑な手順を採用せざるを得ない。しかし、これは現実的な方法とは言い難い。

そこで、本研究では、単に被測定対象者に装着するだけで、歩数に関して長時間かつ任意の測定インターバルでの時系列的データ収集を可能にするような測定装置‘アクトメータ’の開発を試みた。

この第1部では、本研究で開発された“アクトメータ・システム”の基本的な構造と機能について述べる。

このシステムは大別して3つのサブ・システムで構成されている。第一に、被測定対象者に装着して、活動性データを収集・記憶する計測部、第二に、計測部と接続してプログラムやデータの双方向性転送に関わるインタフェース装置、そして第三に、プログラム開発や測定データの処理を行うホスト・コンピュータである。以下、これらのサブ・システムについて、そのハードウェアとソフトウェアの詳細を記す。

I. 計測部

I-1. ハードウェア

計測部は被測定対象者に装着して、主として歩行時の身体の上下動を0-1的に検出してカウント・記憶する機能を持つ。こうした機能を実現するために、本システムでは身体の動きを検出するセンサとして、通常の歩行計/万歩計(pedometer)のセンサを流用している。またそのセンサ出力のカウントや結果の保持、およびその後のデータ排出などの多様な機能を担う素子として1チップ・マイクロコンピュータを使用している。また計測部は自由に活動する対象に装着できるように、電池により駆動されるようになっている。

この計測部は大人のみならず子供をも測定対象とできるように、できるかぎりの小型化、計量化が図られている。

I-1-(1). センサ

まず、センサについてであるが、万歩計に内蔵されているセンサは、従来のアナログ方式、および近年主流をなしているデジタル方式ともに共通の構造が採用されている。それは、Fig.1. に示すように、金属製の振り子の原理を用いたもので、身体の上下動という加速度運動を振り子の先端にある重りに伝え、振り子の上下動として歩行の検出を行う仕組みである。なお1回の上下動が終了する度に、この振り子はバネの働きで一定の位置に復元するようになっている。アナログ方式の万歩計では、この振り子の運動を時計に類似したメカニズムに伝達することで、歩数の表示を行なう。他方、デジタル方式の万歩計においては、この振り子が電氣的スイッチの機能を兼ね備えており、歩行に伴うスイッチの状態変化をデジタル回路に入力することで歩数のカウントとそのデジタル表示を行なう。本システムにおいては、後者のデジタル式万歩計に使われているセンサ部分をそのまま計測部に組込んで、歩行センサとしているが、その理由は、このセンサの持つ電氣的スイッチング機能を利用するためである。

現在市販されているデジタル式万歩計で使用されているセンサであれば、ほとんどのものが利用可能であるが、本システムで実際に用いていたのは、(株)山佐時計計器：デジ・ウォーカーMini (EM200)である。

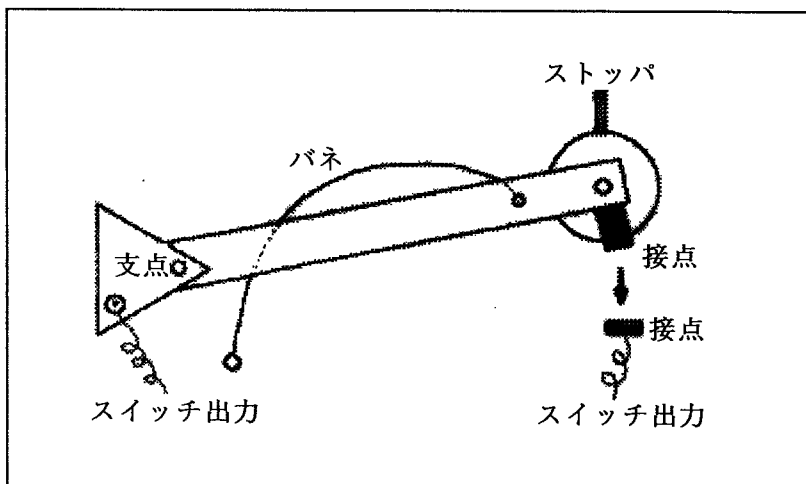


Fig.1. 万歩計の歩行センサ

I-1-(2). 1チップ・マイクロコンピュータ

センサの出力を処理するにあたっては、万歩計のように単にそれをカウントし表示するのではなく、それらの時系列データを比較的長期にわたって収集、保持し、そして測定終了後はそれらを外部に転送することが必要となる。これらの機能を実現するために、本システムでは1チップ・マイクロコンピュータを採用したが、これには上記のような様々なデータ処理を一括して実行できるようなハードウェアがすべて完備しているからである。すなわち、センサ出力の取り込みやデータ転送のための入出力ポート、大量のデータを記憶できるメモリ、時間的制御を可能にするタイマ回路、などがCPUとともに1チップ化されている。この種の素子を利用することで、被測定対象者に装着した際の物理的負担が少なくすむように、計測部の小型・軽量化を図ることができる。以下に、本システムで使用した1チップ・マイクロコンピュータについて、その概要を記す。

使用した1チップ・マイクロコンピュータは、米国のDallas Semiconductor社のDS-5000という製品である。これはCMOSタイプの8ビットCPUを中心として構成されており、その大きな特徴は、外部からの電源供給が遮断されても、内蔵のバックアップ電池によってプログラム/データが保持されるため、各種のポータブル機器の制御部分として幅広い用途に適用できるという点である。そのプログラム/データを格納するためのメモリ(RAM)もまたCMOSタイプであり、今回使用したのは32キロバイト内蔵のものである。

DS-5000は、さらに8ビット×3の双方向性I/Oポートを備えていて、そのうちの幾つかは、プログラム制御によって、外部割り込み機能とシリアル・インタフェース機能(RS232C規格)へ切り換えることができる。また、DS-5000を駆動するためには水晶発振素子を外付けする必要があるが、そのクロックを利用したタイマ回路も内蔵されているため、周期的な内部割り込みの発生やインタバル・タイマの構成が容易である。

以上のような仕様を持ったDS-5000は、前述のようにクロック用の水晶を外付けし、電源を接続するだけでコンピュータの基本的な機能を発揮するようになる。ところでDS-5000もまた、他の多くのマイクロコンピュータと同様、電源オンと同時にメモリの所定のアドレスから順次プログラムを実行して行くのであるが、そのためには、あらかじめメモリ内にプログラムが格納されていなければならない。そこで、外部のホスト・コンピュータからDS-5000用のプログラムをダウンロードするといった方法が採用されている。

また場合によっては DS-5000内のプログラムを読み出す必要があるが、それにはホスト・コンピュータヘデータをアップロードするという方法がとられている。こうしたプログラム／データの転送を可能にするために、DS-5000内部のROMにはあらかじめRS232C仕様の通信用ルーチンを含んだモニタ・プログラムがファームウェア化されて収められている。このモニタ・プログラムを利用することで、ユーザはホスト・コンピュータを介してDS-5000内部のRAMへアクセスし、その内容を参照したり更新したり、あるいはプログラム動作のトレースを行なうことができるわけである。

このモニタを起動するためには、DS-5000に対して特殊な信号を与え、汎用I/Oポートの幾つかをシリアル・インタフェースとして機能させるようなハードウェアが別途必要である。そこでDallas Semiconductor社から、専用の開発ツールが提供されている。このツールにDS-5000を装着し、またRS232CケーブルでIBM-PCまたはNEC-PC98シリーズと接続することによって、これらのパソコンをホスト・コンピュータとするDS-5000を用いたシステム開発が比較的簡単に行なえるようになる。

I-1-(3). 電源

DS-5000が必要とする電源はDC(直流)5Vである。これを通常のDC1.5Vの電池から供給するために、計測部内に電圧変換を行なう電源回路を組込んだ。計測部全体の小型化を図るため、この電源回路の中核には電源用IC(Maxim社製:MAX644)を使用し、ディスクリート素子であるコンデンサ、コイルなどは少数の必要部品にとどめている。また使用可能な電池のサイズとしては乾電池単5~単3の大きさを想定し、これらを測定時間の多少に応じて選択することとした。

I-1-(4). 回路図とプリント基板および実装

以上のハードウェアを回路図で表わすとFig.2.のようになる。本システムは学校教育場面への適用を主たる目的としており、そこでは数十人の児童に同時に装着してのデータ収集を行うため、計測部の量産が必要となった。そこで、この回路図をもとにして、プリント基板を製作した。そのパターン図をFig.3.に示してある。

なお、DT-5000のチップはこのプリント基板に直付けせず、Dual-In Package用のICソケットに装着するようになっている。これは、計測終了後にこのチップを計測部から取り外して、データ転送用のインタフェースに移すためである。

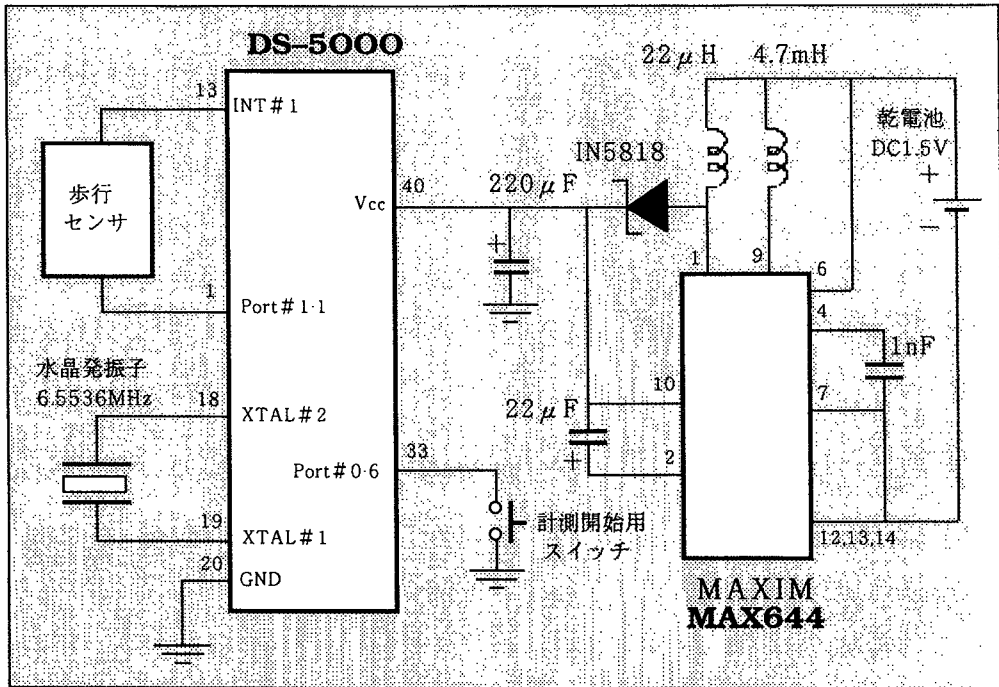


Fig. 2. 歩数計測部の回路図.

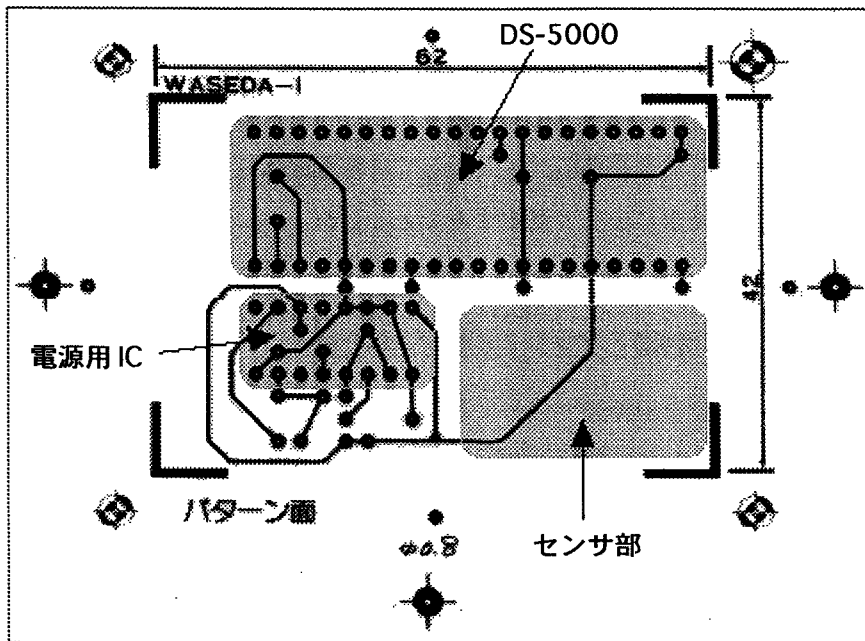


Fig. 3. 歩数計測部の回路図 (Fig. 2.) に基づいて製作されたプリント基板パターン.

計測部の回路基板と電源用電池は、プラスチック製のケースに収め、通常の万歩計と同様にベルトに固定して使用する。計測部全体の大きさや重量は使用する電源電池の大きさによって変化するが、単3～単5の乾電池を使用する限り小型化、計量化が実現されるので、測定対象が成人でも子供でも、日常生活にそれほど大きな支障をきたすほどではない。

以上述べてきた計測部の仕様を要約すると以下ようになる。

歩数計測部仕様	
歩数センサ	(株)山佐時計計器製 デジ・ウォーカーMINI(EM200)
記憶容量 (プログラム)	2K Byte
記憶容量 (歩数データ)	30K Byte
電源	単5～単3乾電池1個
消費電流	8mA (データ収集時)
外形寸法	67 (W) × 48 (H) × 20 (D) [mm]
重量	68 g

また Fig. 4. には、実装された状態の計測部が示されている。

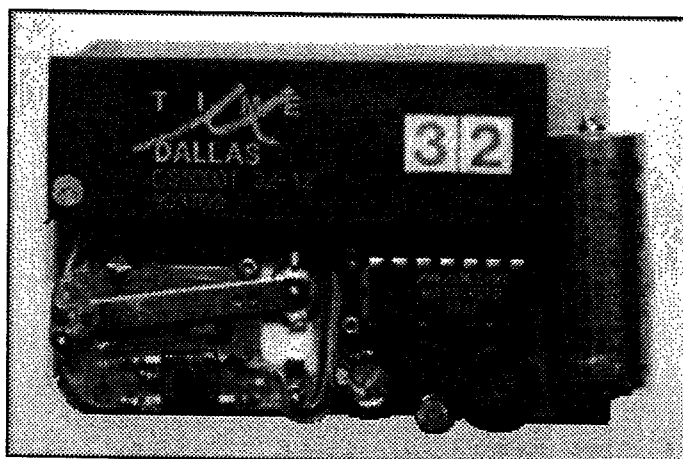


Fig. 4. プリント基板上に部品が実装された計測部。図上部が DS-5000、左下が歩行センサ、右下が電源回路、右端が電源用電池 (単5)。

I-2. ソフトウェア

計測部のソフトウェアは DS-5000内部のRAMに格納するプログラムにほかならない。このプログラムは、センサからの入力を受けて、歩数の時系列的計数を実行する計測ルーチン群からなっている。

I-2-(1). 歩数計測プログラム

歩数の時系列的計数に際して、まず必要となるのは計数インタバルの生成である。これにはDS-5000内蔵のタイマ機能を利用する。このタイマはCPUクロックをカウントして定期的に内部割り込みを発生する機能を持っている。割り込みのインタバルの長さは、外付けの水晶の発振周波数やタイマ自体に付属するレジスタのプリセット値によって可変である。さらに割り込みサービス・ルーチン内での処理手順を変化させることで、計数インタバルの長さはきわめて広範囲に自由に設定することができる(数m秒から数日、数ヶ月までの範囲)。なお現行の計数プログラムにおいて、インタバルは15秒に設定してある。この値を採用することで、歩数の時系列データは1バイトごとに格納することができる。なぜならば、1バイトによってカウントできる歩数は最大255までであるが、これは人間が15秒間に行なう歩行/走行の歩数を十分にうわまわると考えられるからである。さらに、DS-5000に内蔵されたRAMのうち30キロバイトがデータ領域として使用できるので、計測時間は最長約128時間に達する。

Addr	CODE	OPF
0240	C0E0	PUSH ACC
0242	E57E	MOV A,7E
0244	6007	JZ 024D
0246	14	DEC A
0247	7002	JNZ 024B
0249	F590	MOV P1,A
024B	F57E	MOV 7E,A
024D	E57F	MOV A,7F
024F	14	DEC A
0250	7010	JNZ 0262
0252	A3	INC DPTR
0253	F0	MOVX @DPTR,A
0254	C083	PUSH DPH
0256	C082	PUSH DEL
0258	A3	INC DPTR
0259	74FF	MOV A,#FF
025B	F0	MOVX @DPTR
025C	D082	POP DEL
025E	D083	POP DPH
0260	747D	MOV A,#7D
0262	F57F	MOV 7F,A
0264	D0E0	POP ACC
0266	32	RETI

List 1. タイマ割り込み処理ルーチン.

左に示したのは、このタイマ割り込み処理ルーチンのプログラム・リストである。このリストにおいて、左の列から順に、プログラムの格納アドレス、プログラム・コード(16進)、およびそのニーモニックである。このルーチンでは、ハードウェア・タイマからの0.12 sec. ごとの割り込みに対して、連動しているソフトウェア・タイマのカウント値を調べ、その値が15.0 sec. に達していれば、歩数データ格納用メモリのアドレス(ポインタ)を保持しているレジスタの内容を+1するという処理を行っている。

次に毎回のセンサ作動に呼応するルーチンであるが、センサは単純なスイッチングを行なうだけであるから、この変化を外部割り込み信号として、歩数データのカウンタ・アップを行なう。ただし使用しているセンサは機械的スイッチなので、'チャタリング'と呼ばれる固有の現象を不可避免的に伴っている。これは、一回のスイッチングにおいて、ごく短時間のうちに接点が数回開閉するといったノイズのことであり、これをキャンセルするような処理がこのプログラムに含まれている。すなわち、センサが作動していないときには、割り込み信号が発生できるように、DS-5000によってセンサの2つの端子間に電位差を持たせているが、いったん作動して割り込みが発生すると、その時点から一定時間（数100m秒間）はこの電位差を除去してその間の割り込みを抑制するようなI/O制御を行なっている（実際は、このタイミングはタイマ割り込み処理と連動して行なっている）。

List. 2. にこの外部割り込み処理ルーチンのプログラム・リストを示す。

Addr	CODE	OPE
0280	74FF	MOV A,#FF
0282	F590	MOV P1,A
0284	757E02	MOV 7E,#02
0287	E0	MOVX A,@DPTR
0288	04	INC,A
0289	F0	MOVX @DPTR
028A	32	RETI

List 2. 外部割り込み処理ルーチン.

以上の2つのプログラムはいずれも割り込みサービス・ルーチンであり、内部および外部の割り込み発生に伴って起動される。したがって、歩数計測状態において割り込みがない間DS-5000を作動させておく必要はないので、アイドル・モードというDS-5000に固有のモードに設定しておく（これは、後述の初期化ルーチン内で設定される）。このモードに入るとCPUの機能は停止し、内部および外部の割り込みが発生したときのみ、所定の処理を行なうようになり、CPUの消費電力は通常に比べてその十分の一程度に低下する。これにより計測時の電源用電池の消耗を防ぐことができる。

I-2-(2). 初期化およびタスク制御ルーチン

DS-5000に搭載するプログラムは上記の割り込み処理ルーチンのほかに、データ収集タスクの初期起動に際しての初期設定処理ルーチンが付随している。また、II. ホストコンピュータとのインタフェースで述べるデータ転送タスクとデータ収集タスクのいずれかを選択するための処理も必要である。ここで、それらのプログラム・リストを示し

ておく。

まず初期設定処理ルーチンについてであるが、ここではデータ収集開始において、歩数データ格納用のメモリ・アドレス（0800(Hex)番地）の初期値をポインタに設定し、インタバル生成用タイマの機能を確定した後、前述のアイドル・モードを実行する無限ループに入る。

タスク選択処理においては、DS-5000に接続された2つのプッシュSWの状態をポーリングし、どちらかのSWが押下された時点で対応するタスクの実行を開始する。なお計測部の回路ではデータ収集起動用のSWしか接続されておらず、したがって、歩数データ計測時には、このSWを操作することで、一意的に初期設定処理ルーチンへジャンプすることになる。

List. 3. および List. 4 にこれら2つの処理ルーチンのプログラム・リストを示す。

Addr	CODE	OPF
0200	900800	MOV DPTR,#0800
0203	7400	MOV A,#00
0205	F0	MOVX @DPTR,A
0206	F590	MOV P1,A
0208	758140	MOV SP,#40
020B	C083	PUSH DPH
020D	C082	PUSH DEL
020F	A3	INC DPTR
0210	74FF	MOV A, #FF
0212	F0	MOVX @DPTR,A
0213	D082	POP DEL
0215	D083	POP DPH
0217	758901	MOV TMOD,#01
021A	758814	MOV TCON,#14
021D	757F7D	MOV 7F,#7D
0220	757E00	MOV 7E,#00
0223	75A886	MOV IE,#86
0226	E587	MOV A,PCON
0228	4401	ORL A,#01
022A	F587	MOV PCON,A
022C	80F8	SJMP 0226

List. 3. 初期設定処理ルーチン。

Addr	CODE	OPF
0040	E580	MOV A,P0
0042	5480	ANL A,#80
0044	7003	JNZ 0049
0046	020100	LJMP 0100
0049	E580	MOV A,P0
004B	5440	ANL A,#40
004D	70F1	JNZ 0040
004F	020200	LJMP 0200

List. 4. タスク選択/
SWポーリング・ルーチン

(注) DS-5000は電源投入(リセット)直後はアドレス0番地から実行を始める。そこで、ここにタスク選択ルーチンの先頭アドレス(0040)を書き込んでおく。なお、同様に000B番地からはタイマ割り込みのベクタ(0240)を、また0013番地からは外部割り込みのベクタ(0280)を設定してある。これらのベクタ格納用アドレスはDS-5000のアーキテクチャによって規定されている。

II. ホスト・コンピュータとのインタフェース

DS-5000へのプログラムのダウンロード/アップロードに専用の開発用ツールが使用できることは前に述べた通りだが、完成したプログラムを実行させるためには、DS-5000とこの開発用ツールとを切り離す必要がある。ところがその際、内蔵RAMの内容は暗号化されてこの外部からは参照が完全に不可能になる(これは、プログラム/データ保守のためにDS-5000で採用されている独特のアーキテクチャの一つである)。したがって、その後DS-5000に蓄積された歩数データにアクセスするには、データ転送を行

なうためのルーチンをプログラムの中に組み入れておかなければならない。またそのときに使用するホスト・コンピュータとの通信用インタフェースをハードウェアの面でも用意しておく必要がある。

II-1. ハードウェア

DS-5000の内部には、標準的なRS232C規格にしたがってシリアル・データを送受信するための基本的なハードウェアが存在する。したがって、ホスト・コンピュータとの間で通信を行なおうとすれば、ハードウェアとしてはRS232Cの電気的な仕様、すなわち通信ケーブル中の信号電圧が $\pm 12V$ という条件を満たすようなインタフェースが必要だけである。これを計測部の中に置くことも可能ではあるが、小型・軽量化という志向には逆行する。そこで本システムでは独立したインタフェース回路を設けることにした。回路構成は簡単であって、DS-5000のシリアル信号の出力電圧：DC 5V \sim 0VをRS232C規格の $+12V\sim-12V$ に電圧変換するための素子（Maxim社製：MAX232C）と、データ転送速度（ボーレート）を正確に規定するためにDS-5000に与えるクロック信号発生回路からなっている。ちなみに、クロック周波数がボーレートの

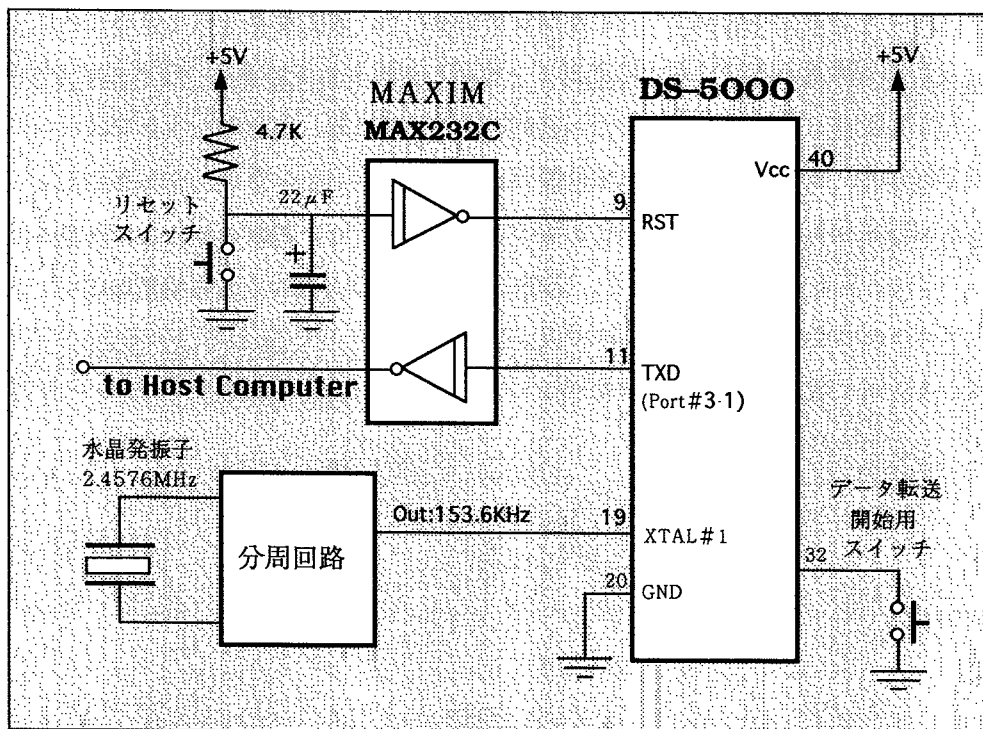


Fig. 5. データ転送のためのホスト・コンピュータとのインタフェース回路。

2ⁿ 倍のときプログラムを最も簡素化できるので、本システムではボーレートを 4800baud とし、そのためのクロック周波数を 153.6KHz に設定してある。なお、このインタフェースを使用するにあたっては、データ収集終了後、計測部に装着されていた DS-5000 のチップをこの回路に移すことになる。

また後述のデータ転送ルーチンの起動は歩数計測ルーチンの場合と同様に、DS-5000 の I/O ポートに接続されたプッシュSWで行なうようになっていて、転送開始用SWのみがこのインタフェース回路内には配置されている。

Fig. 5. に本回路の概略を示してある。なお図中、DS-5000 の部分は実際にはチップを着脱可能とするために IC ソケットを使用する。

II-2. ソフトウェア

DS-5000 に搭載されるデータ転送ルーチンにおいては、転送に関するパラメータ（ボーレート、データ長、パリティ・ビットの有無など）を DS-5000 のシリアル出力用の制御レジスタに設定した後、RAM に保持されている計測データを 1 バイトずつシリアル出力用のデータ・レジスタに書き込んで行くだけである（ただし、DS-5000 のシリアル・インタフェースにはフロー制御機能がないため、確実な送受信を行うために 1 バイトのデータ転送のたびに若干の遅延インターバルを挿入している）。これにより、DS-5000 の I/O ポートから連続してデータが送出され始める。なお本ルーチンはいったん起動されると、RAM のデータ領域全部（0800 ~ 8000 (Hex) 番地）を転送する。データの量は計測を実施した時間に依存するので、転送をデータ領域上どこまでとするかはあらかじめ決定できないからであり、処理に必要なデータの量はむしろ受信側のホスト・コンピュータの受信プログラムの中で規定される。

本システムで設定している通信用パラメータは下記の通りである。

ボーレート：	4800 bps
キャラクタ長：	8 ビット
パリティチェック：	なし
ストップビット長：	1 ビット

データ転送用インタフェースに移された DS-5000 は、ここで電源を再投入されることによってリセットされ、データ収集とデータ転送のタスク選択ルーチンを経て、データ

転送ルーチンの実行に入る。そのプログラム・リストを List. 5. に示す。

Addr	CODE	OPF
0100	E587	MOV A,PCON
0102	4480	ORL A,#80
0104	F587	MOV PCON,A
0106	759888	MOV SCON,#88
0109	900800	MOV DPTR,#0800
010C	E0	MOVX A,@DPTR
010D	F598	MOV SBUF,A
010F	7410	MOV A,#10
0111	14	DEC A
0112	70FD	JNZ 0111
0114	A3	INC DPTR
0115	E583	MOV A,DPH
0117	33	RLC A
0118	50F2	JNZ 010C
011A	020040	LJMP 0040

List. 5. データ転送ルーチン。

II. ホスト・コンピュータ

本システムにおけるホスト・コンピュータの役割は2つある。一つは、計測部の DS-5000 に対して、計測用プログラムとデータ転送用プログラムをホスト側でコーディングしてダウンロードすることであり、第二に、歩数計測終了後に DS-5000 の RAM 内部に蓄えられた歩数データを受信し、その後にさまざまな数値的処理を加えることである。

前者に関しては、前に述べたように、Dallas Semiconductor 社から提供されている開発用ツールを用いて、ホスト・コンピュータと DS-5000 をシリアル・インタフェースで結び、DS-5000 内部にファームウェア化されているモニタ・プログラムと、開発用ツールに付属するホスト用の通信プログラムによってプログラム・データのダウンロードを行なう。Fig. 6. にこのツールを示してある。

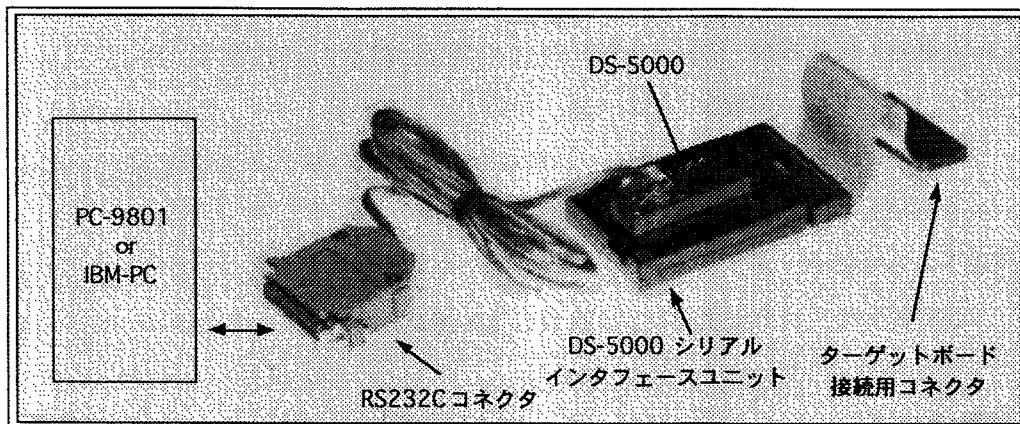


Fig. 6. DS-5000 開発用ツール。

本システムではホスト・コンピュータとして NEC の PC9801 を使用し、この開発用ツールとパソコンとは RS232C ケーブルで接続する。DS-5000 シリアル・インタフェース・ユニットと呼ばれる部分には DS-5000 のチップを装着し、また、ターゲット・ボード接続用コネクタを歩数計測部基板上の DS-5000 用 IC ソケットに接続する。これにより、PC9801 から DS-5000 に搭載するためのプログラムをダウンロードし、さらにそのプログラムを PC-9801 から起動して歩数計測ルーチンの動作を確認することができる。同様に、ターゲット・ボード接続用コネクタを、「Ⅱ. ホスト・コンピュータとのインタフェース」で述べた回路基板上の DS-5000 用 IC ソケットに接続することで、歩数計測後のデータ転送ルーチンの動作をエミュレートすることも可能である。

次に、歩数計測後のデータ処理に関わるホスト・コンピュータの役割としては、データ転送用インタフェース上の DS-5000 から送られてくる歩数データを RS232C インタフェース経由で受信してデータファイルを作成すること、およびその後の数値的処理を加えて出力することなどである。このうち、データ受信に関する処理については、制御する項目として RS232C の通信パラメータの他に "受信データ数" が重要である。通信パラメータはホスト・コンピュータの OS コマンドで設定すればよいが、受信データ数については受信プログラム内部で規定する必要がある。そのためのプログラムの原型を List. 6. に示す。

このプログラムは C 言語で記述されており、3つの関数で構成されている (main, rs_getc, および rs_loc)。このうち main 関数においては、ホスト・コンピュータの RS232C 用受信バッファに蓄えられて行く歩数データを、1バイトずつ読取って配列に格納して行き、あらかじめ規定されたデータ数に達すると、それらを一時的なデータ・ファイルとしてディスク装置へ出力する。List. 6. のプログラム例ではそのデータ数を '2400' に設定してあるが、これは歩数計測 10 時間分に相当する値である。なお、rs_getc および rs_loc の2つの関数は、それぞれ、受信バッファから1バイトを読み込む、受信バッファ内のデータ数を調べる、といった機能を、いずれも MS-DOS のファンクション・コールを利用して実現している。

作成される歩数データファイルは MS-DOS のテキスト形式であり、このファイルを基にして統計的分析やグラフ出力などを含む各種処理が行われることになる。

```

#include <dos.h>
#include <stdio.h>

main()
{
    char c[2400]
    int i, cc;
    FILE *fp;

    while(rs_loc() != 0)      cc = rs_getc();
    for(i = 0; i < 2400; i++) c[i] = rs_getc();
    fp = fopen("b:\temp.dat", "w");
    for(i = 0; i < 2400; i++) fprintf(fp, "%d\n", c[i]);
    fclose(fp);
}

rs_getc()
{
    union REGS regs;

    regs.h.ah = 0x03;
    intdos(&regs, &regs);
    return((int)regs.h.al);
}

rs_loc()
{
    union REGS regs;
    int intno;

    intno = 0xdc;
    regs.h.cl = 0x0e;
    regs.h.dl = 0x00;
    int86(intno, &regs, &regs);
    return(regs.x.ax);
}

```

List 6. ホスト・コンピュータにおける歩数データ受信プログラム例.

第2部. アクトメータ・システムの評価的基礎研究

ここでは本研究で開発されたアクトメータ・システムを評価する目的で行われた基礎的研究を示す。

最初の「オープンフィールドにおける行動の測定---ラップを測定する万歩計の開発」は、日本教育工学会・情報処理・一般研究会（1990年）で報告されたものであり、第1部で述べたシステムの概要について紹介するとともに、歩数データの時系列的測定の実際例を示したものである。

第二の「ラップ計測可能な歩数計測システムによるヒトの活動性測定（I）」は、同様に、日本教育工学会第6回大会（1990年）において発表された研究である。ここでは幼児における歩行パターンを通じた活動性測定の試みがなされた。なおこの研究では、本システムによる測定と平行して視察観察による姿勢と歩行の行動観察が実施され、両者の方法で得られたデータ間の比較対照を通じて、視察観察では得られない活動性の定量的側面が本システムによって入手できることが示されている。

オープンフィールドにおける行動の測定
——ラップを測定する万歩計の開発

Measurement of Open-Field Activity in Man

矢島正晴^{*}、野嶋栄一郎^{**}、梅沢章男^{**}

Masaharu Yajima, Eiichiro Nojima, Akio Umezawa

* 早稲田大学

** 福井大学

* Waseda University

** Fukui University

教育環境と学習者の関係を定量的に測定評価するための指標として身体の動きとしての活動性に着目し、その時系列的データ収集のためのシステムの概要について述べる。このシステムの特徴はその計測部分が小型軽量なことで、従来にない行動的データを様々な場面で入手できるものと考えられる。

教育環境、行動評価、活動性、測定システム

〔はじめに〕 身体は活動性ないし活動水準は様々な要因により規定されていると考えられる。内因としては、たとえばサーカディアン（概日）リズムがよく知られているが、その他に心理的（すなわち知的・情緒的）活動が反映されたものとして活動性を捉えることもできる。一方外因としては、生活環境における諸々の制約としての空間的構造（部屋の大きさ、家具の配置など）や、時間的構造（スケジュール、時間割など）があろう。このような意味で、活動性は個人と環境の関係を知らるための有効な行動的指標のひとつであるといえる。教育場面における子供の評価にしばしば、“活発な”とか“おとなしい”といった評語が使われることでも明らかのように、教育環境と子供の関係を理解する際にも、この活動性の概念は重要な意味を持つと考えられる。

活動性は、体動や身体の空間的移動として客観的に観察可能な現象である。従来の測定方法としては、評定法、行動観察法、および何らかの装置による測定法が用いられている。最後の機械的測定法に関しては、特に情緒障害児の多動・寡動現象を数量的に捉えようとして各種装置が考案されている。それらは主として既存の万歩計、自動巻腕時計を改造したいわゆる Actometer、

あるいは超音波による移動検出装置などである。これらの方法は、人による評定や視察観察法に比べてはるかに安定した測定システムといえるが、活動量の累積値のみしか読取れなかったり、測定場所が一部屋だけといった測定限界がつきまとっている。学校や家庭という構造化された環境において、時々刻々に変化する活動性を測定するには、新たな方法の開発が必要である。今回報告するのは、通常的生活環境において、ヒトの活動性の時系列データを収集するための測定システムである。これは比較的入手しやすい安価な素材を用いており、子供にも常時携行できるように、小型軽量化を図ったものである。したがってたとえば学級全員の活動性データを同時にかつ長時間にわたって収集するといった教育的研究にとりわけ相応しいシステムであると考えられる。

〔システム構成〕 本システムは以下のよう
な要素から構成されている。

- (1) 歩数計測ボード
- (2) データ転送用ボード
- (3) 開発用ボード
- (4) ホストコンピュータ

(1) 歩数計測ボードは、Fig. 1. に示すような回路により、電子万歩計の振り子方式歩数センサの On/Off 情報を処理して、その結果をコントローラ (DS5000) 内のメモリに格納して行くデータ収集機能を有している。このボードは通常の単三電池を電源として用いており、電池電圧 1.5V をコントローラ用電源電圧 5V に変換する電源回路が含まれている。この回路全体は、オーディオカセットテープ用ケースの約半分のサイズに収めることができる。これを通常は万歩計と同様にベルトに装着して歩数をカウントする。

ここで使用しているコントローラはダラスセミコンダクタ社製 1 チップコントローラ (DS5000T 32-12) である。これは、インテルの MCS51 シリーズとコンパチブルな命令体系をもつ CPU, ROM, RAM, PARAREL I/O, SERIAL I/O, TIMER/COUNTER などを 1 チップ (40Pin DIP) に内蔵したもので、特に RAM は 32 Kbyte あり、このチップに内蔵された電池でバックアップされるようになっている。

歩数計測方法は次のとおりである：まず測定インタバルをコントローラに内蔵されたタイマを利用して生成する。タイマには、外付けの水晶によるクロックパルスを分周して一定時間毎に内部割込み信号を発生する機能がある。本システムでは、0.12sec. 毎に割込みを発生させ、これをもとに 15.0 sec. の測定インタバルを生成している。次に歩数センサからのデジタル信号を外部割込み入力として、各測定インタバル中のこれらの割込み回数をカウントする。各イ

ンタバル内で累積された歩数はコントローラ内のメモリに 1 バイト単位で順次格納して行く。したがって 15.0sec の測定インタバル中に最高 255 歩までカウント可能である。またデータメモリ容量を 30K バイト確保しているの、連続して測定できる時間は $30 \times 1024 \times 15.0 \text{sec.} = 460800 \text{sec.} = 7680 \text{min.} = 128 \text{hr.} = 5.3 \text{day}$ である。(ただし単三アルカリ乾電池一個を使用したときは、約 2.5 日程度が限界である)

(2) 計測された歩数データは、コントローラ内蔵の Serial I/O 機能により RS232C インタフェースを介してホストコンピュータへ転送することができる。データ転送用ボードは、コントローラの Serial Out とホストコンピュータ間のインタフェース回路であり、信号レベル変換 IC、転送用ボーレートに適合した水晶発振回路などで構成されている (Fig. 2. 参照)。データ転送に際しては、コントローラを歩数計測ボードからこの転送用ボード上に移す必要がある。

(3) 開発用ボードは、コントローラとホストコンピュータを RS232C によりインタフェースし、両者間でプログラムデータのアップロード/ダウンロードを可能にする。このボードは DS5000 専用ツールとして市販されている。またこのボード上にコントローラを置き、ターゲットボード (すなわち本システムでは歩数計測ボード) をケーブルで接続して、ターゲットボードの動作をエミュレートすることができる。す

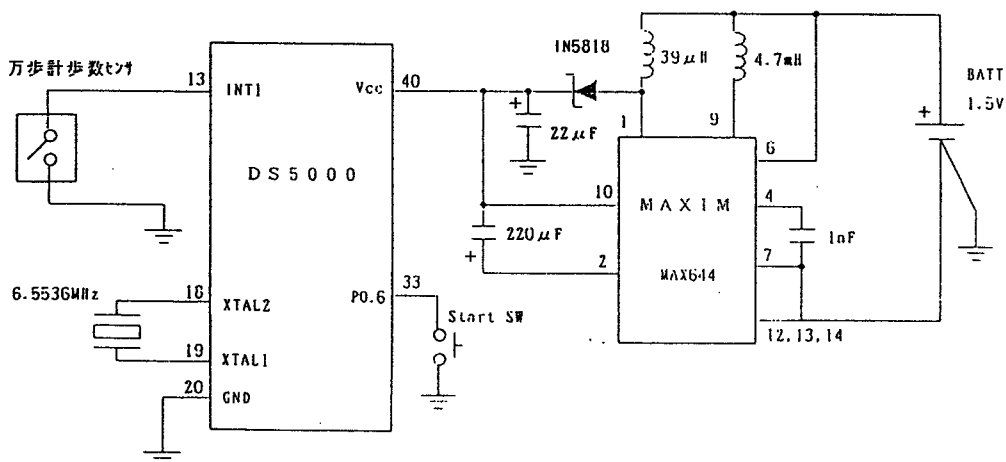


Fig. 1. 歩数計測ボードの回路構成

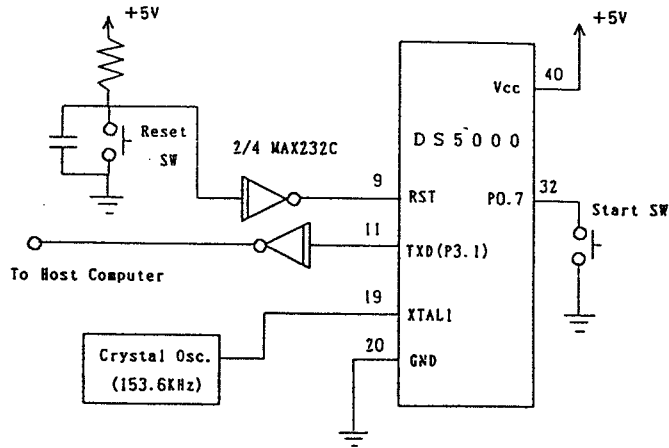
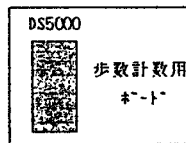


Fig. 2. データ転送用ボードの回路構成

(1) プログラム開発時



(2) 歩数計測時



(3) データ転送時

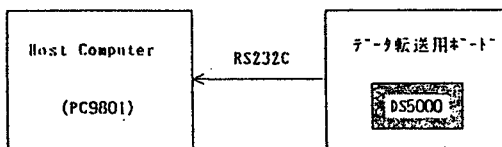


Fig. 3. システム要素の接続形態

なわちコントローラをこの開発用ボードに装着したままで、プログラムの簡単なデバッグが可能である。

(4) ホストコンピュータは、コントローラ用制御プログラムの開発および歩数データファイルの管理に使用するパソコンであ

る。Fig. 3. にホストコンピュータと上記3種のボードとの接続形態を示す。まずプログラム開発に際しては、ホストコンピュータと開発用ボードをRS232Cで結び、コントローラのメーカーから提供される通信制御ソフト(ホスト用)により、歩数計測プログラムとデータ転送用プログラムをコ

ーディングしてコントローラへダウンロードする。必要ならばターゲットシステムを接続して動作確認をおこなう。つぎにコントローラを歩数計測ボードに移して測定を実施する。測定終了後、ホストコンピュータとデータ転送用ボードをRS232Cで接続し、歩数データをホスト側へ転送してデータファイルを生成する。

なお、コントローラに組込む2つのプログラムは機械語でコーディングしているが、どちらも数十ステップ程度の長さには過ぎないものである。

[適用例] 本システムを使用した一例を以下に示そう (Fig. 4)。この例は著者の一人が、早稲田大学 (埼玉県・所沢市) から文教大学 (同・越谷市) へ出向いた際の3時間あまりの歩数の時系列データを本計測ボードで測定し、その結果を1分毎の数値として表したものである。活動としてはおもに“歩行”または“乗物内座席上で静止”のいずれかであった。図中の①、②、③～⑬の具体的な行動は次のとおりである。

- ① 早稲田大学・実験室内で諸活動
- ② 学内のエレベータ内
- ③ 大学構内・学バス乗車場へ
- ④ 学バス内
- ⑤ 学バス降車場→西武線小手指駅へ

- ⑥ 電車内
- ⑦ 西武線秋津駅→武蔵野線新秋津駅へ
- ⑧ 電車内
- ⑨ 武蔵野線新越谷駅→駅前レストランへ
- ⑩ 昼食
- ⑪ 駅前レストラン→東武線南越谷駅へ
- ⑫ 電車内
- ⑬ 東武線北越谷駅→文教大学へ

なおこの測定の際、別の電子万歩計を本計測ボードとほぼ同じ位置に装着して1時間毎に値を読取っているが、両者の1時間ラップ値を比較したところ、誤差はいずれも±10程度であった。

[今後の展望] 今回報告した活動性測定システムは、計測部分の小型・軽量化を実現しており、年少者への装着も十分可能である。なお現在のシステムでは万歩計のセンサを流用しているが、この種の検出方法では身体の比較的粗大な動きしか捉えられないので、将来は加速度センサなどを用いて、歩行を含む体動全体をカバーする測定システムに改善してゆくつもりである。

今後我々はこうした測定システムを様々な教育現場にもちこんで、教育環境の物理的側面、社会的側面などが子供の学習や遊びに及ぼす影響を定量的に評価する一方法を提案して行きたいと考えている。

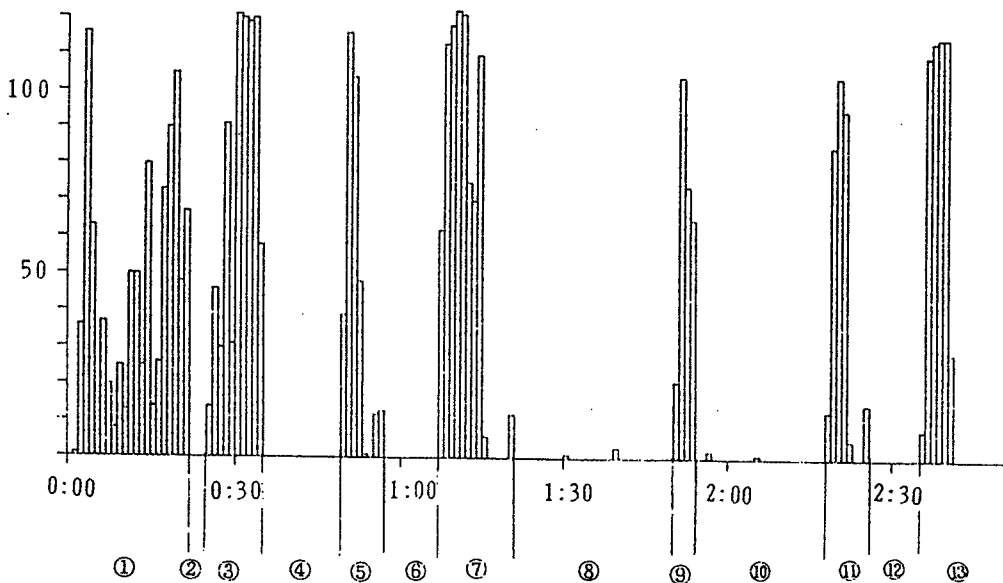


Fig. 4. 歩数計測システムの適用例 (横軸は測定時間、縦軸は歩数/分)

ラップ計測可能な歩数計測システムによるヒトの活動性測定 (I)

The Measurement of Activity in Man with Pedometer System (I)

矢島 正晴* 野嶋 栄一郎* 梅沢 章男**
Masaharu Yajima* Eiichiro Nojima* Akio Umezawa**

*早稲田大学 *福井大学
*Waseda University **Fukui University

〔あらまし〕 歩行計センサと1チップ・マイコンにより構成した歩数計測システムによるヒトの活動性測定の一環として、幼児(2歳児)における歩行パターンの検討を、本システムによる測定結果と行動観察結果の比較対照を通じておこなった。観察による歩行データと本システムによる測定データは、定性的レベルにおいてほぼ一致しており、本システムが低年齢の幼児の活動性測定に対しても十分適用可能であることが示された。

キーワード: 行動評価 活動性測定システム 幼児

〔はじめに〕 我々は、通常の歩行計(万歩計)のセンサをワンチップ・マイコンに接続して、任意の時間間隔で歩数のラップを連続して計測・記録する携帯型の活動性測定システムを開発し、その概要を報告した(矢島、野嶋、梅沢、1990)。この計測部は、Tab.1に示す仕様からもわかるとおり、比較的小型軽量であって、年齢を問わず装着可能であり、しかも日常の様々な生活場面において、連続して長時間の歩数計測をおこなうことにより、活動性の一側面を捉えることができる。これは様々な生活・教育場面において、行動の客観的評価のための測定システムとしての使用を目的とするものであるが、

そのための基礎資料収集の一環として、ここでは幼児を対象に、日常生活場面での本システムによる歩数データの計測を試みる。そして、同時に視察行動観察による活動性評価データを収集して、両データ間の比較をおこない、本システムにより得られる測定値の特性を検討する。

〔方法〕

測定対象: 2歳0月の健康男児を用いた。

測定場面: 男児自宅(3DK)内において、約1時間の自由行動期間を測定場面とした。

歩数計測: 上記システムの歩数計測部を測定対象の背側腰部に装着した。歩数データは、

Tab.1 歩数計測部仕様

歩数センサ	: 岡山佐時計器デジ・ウォーカーMINI (EM200)
記憶容量(プログラム)	: 2Kbyte
(データ)	: 30Kbyte
電源	: 単4乾電池1本
消費電力	: データ収集時約8mA
外形寸法	: 約67W×48H×20D (mm)
重量	: 68g

Tab. 2. 行動リスト

- 姿勢 ①立つ： 両足で直立した状態。
 ②しゃがむ： 両膝関節が屈曲し、体の上下動が可能な状態。
 ③座る： 一方または両方の膝関節が伸展し、尻が床についた状態。
 ④腹這い： 腹部が床についた状態。
 ⑤仰向け： 背中が床についた状態。
 歩行 姿勢①または②の状態での、水平方向の身体移動。

15秒毎の累積値とし、測定終了後パソコンへ転送した。

行動観察：観察者1名により、実際の行動場面での観察をおこなった。観察方法は、あらかじめ設定した6個の行動単位（姿勢および歩行；Tab.2参照）に関して、それらの行動生起に同期して、ノート型パソコン（PC9801-N）の6個のファンクション・キーのいずれかを押下することにより、それらの行動単位の時系列データを記録した。行動のサンプリングは1秒毎であった。

〔結果〕 Fig.1.に、行動観察の結果（図の上段は姿勢、中段は歩行）と、歩数計測システムによる歩数データ（図の下段）を示す。この図から明らかなように、行動観察から得られた歩行データと本システムにより測定された歩数デ

ータはほぼ対応しているといえるが、ごく一部行動観察ではチェックしなかった、移動を伴わない足踏み様の動き、あるいはしゃがんだ姿勢での体の上下動と思われる活動が、本システムによって捉えられている。なお、一般に、行動観察では歩行の有無といった定性的な側面が把握されるにとどまるが、この結果は、2歳といった低年齢の幼児においても、ここで用いた歩数計測システムによって歩行の定量的測定が可能なことを示している。

〔引用文献〕

- 矢島正晴、野嶋栄一郎、梅沢章男(1990) オープンフィールドにおける行動の測定：ラップを測定する万歩計の開発。日本教育工学会研究報告集、JET90-3、p.47-50.

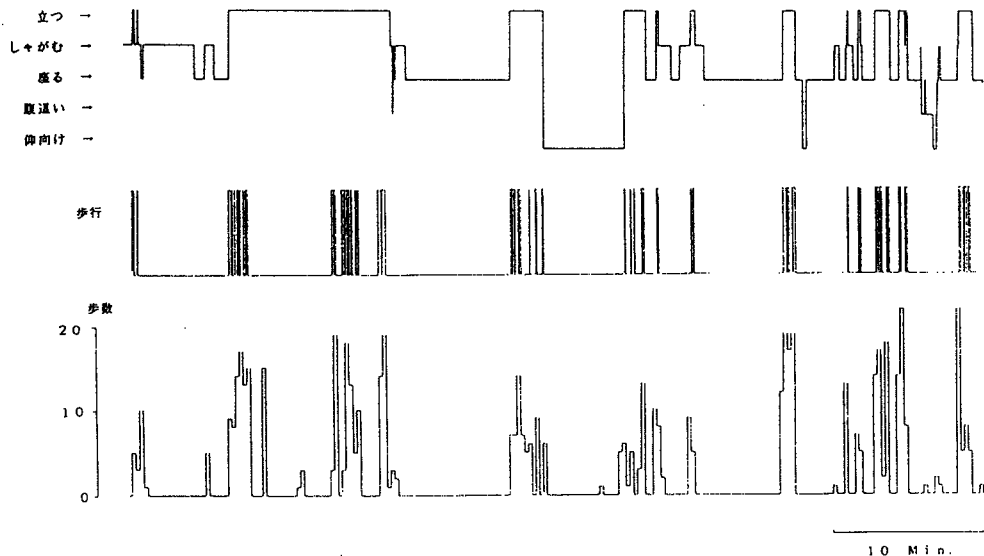


Fig.1. 行動観察結果と歩数計測結果

第3部. 活動性を指標とした オープンエデュケーションの評価研究

3.1 活動性を指標としたオープンエデュケーションの評価研究(1)

— 浅草・精華小学校4年生佐久間学級の事例研究 —

3.1.1 目的

- 1) オープンスペースを利用した、いわゆるオープンエデュケーションの趣旨にそった授業は教育の場としての有効性を示しうるのかを、簡易アクトメーターによって計測された活動性を指標として考察する。
- 2) また、同時にオープンスペースを利用した学習における児童の活動性を分析し、児童の活動性の個人差を検討する。

3.1.2 方法

測定の概要

オープンスペースを持つ1学級を対象にして、クラスルームのみを使用した一斉授業とオープンスペースを活用した個別学習の2ケースについて、児童と教師の活動量を計測する。これにより、2場面の活動性を単純に比較することができる。

また、授業中の作業内容やオープンスペースの環境利用などを、1名の観察者が授業観察記録として記録し、カリキュラム分析の参考とする。

測定対象

実験の対象となったのは、東京都台東区精華小学校の4年生の児童、37名（男子28名、女子9名）と、その担当教諭1名である。

測定方法

活動量の測定は、ラップ計測可能な歩数計測装置（以下、アクトメーターと呼ぶ）を使用した。今回の実験においては、センサのon/off情報を15秒間で1データとし、コントロール内のメモリに格納させ、15秒間毎の歩数が読み取れるようにした。

アクトメーターはプラスチックの外箱（たて5cm×よこ7cm×奥行2cm）を布製のベルトに固定し、そのベルトを普通のベルトと同様、ウエストに装着する。ベルトは、幅3cm、長さは児童にあわせ72～105cmのものを何種類か用意した。ベルトの両端のマジックテープにより身体にぴったりと装着できる。装着位置は、アクトメーターの中心が身体の正中線から右に10cmの位置になるよう統一した。（図. 1参照）

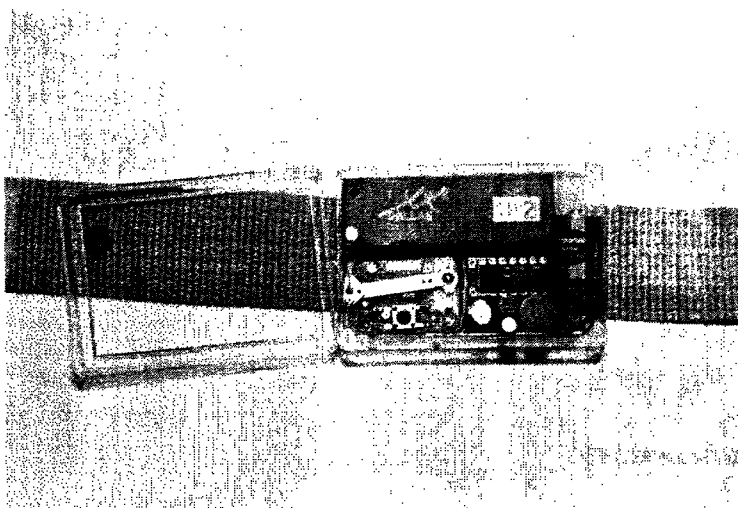
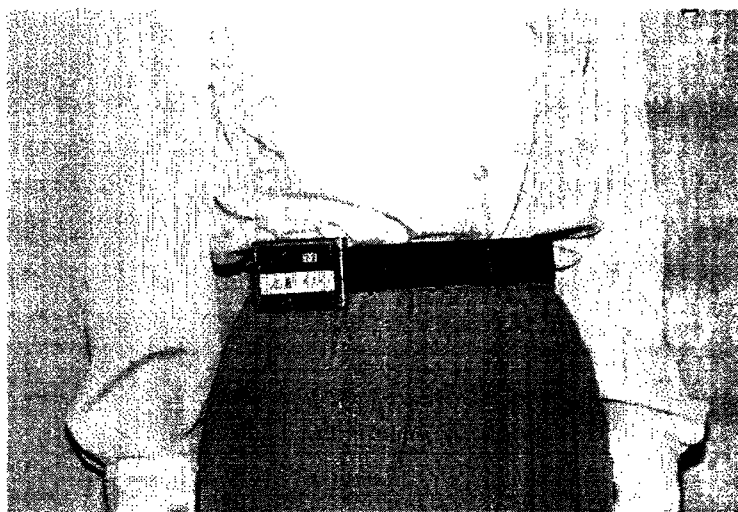


図.1 アクトメーターとその装着図

計測の日時と時間割

計測の日時と時間割を表.1に示す。

表.1 実験実施日と時間割

	1校時	2校時	3校時	4校時	5校時	6校時
11月 7日	国語	国語	週プロ	週プロ		
	個別 (作文)	個別 (調べ学習)	個別 (国or算)	個別 (国or算)		
11月 8日	週プロ	音楽	図工	図工	保健	学年
	個別 (国or算)	一斉	作業 (工作)	作業 (工作)	一斉 (しこう検査)	個別 (自由研究)
11月 9日	週プロ	週プロ				
	個別 (国or算)	個別 (国or算)				
11月30日	国語	算数		社会	特別	
	一斉	一斉		一斉	アンケート 大きな家づくり	

オープンスペースの概要

オープンスペースの概要を図.2に示す。

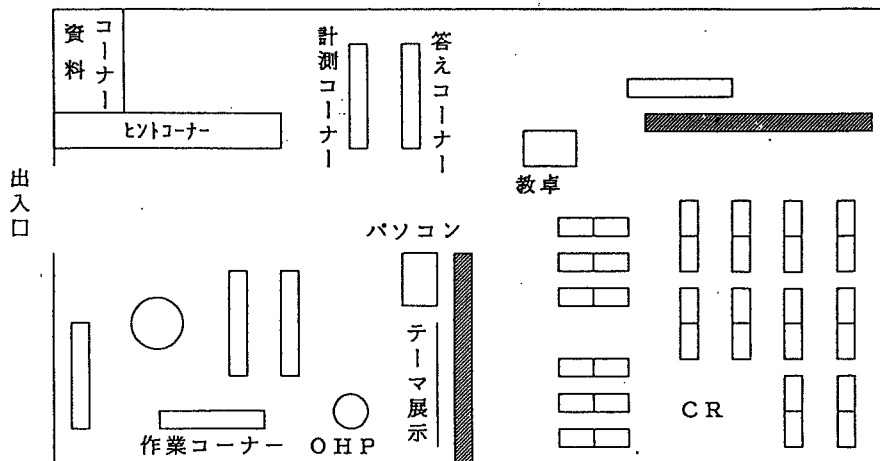


図.2 週プロ学習におけるオープンスペースの活用図

3.1.3 結果および考察

1)1日のカリキュラムに対応する活動性

4日間の計測によって得られたアクトメータによる活動性のデータを以下に示す。

表.2-a 11月7日の活動性(歩数/min.)

Sub.	個別①	休	個別②	休	個別③	休	個別④	給食
1	3.60	43.00	10.98	50.80	16.22	27.80	15.58	14.42
2	43.73	58.60	24.04	102.10	18.87	7.40	21.73	12.13
3	13.53	25.40	14.82	63.00	17.78	32.80	20.00	16.73
4	1.53	1.80	9.91	31.85	10.47	31.40	19.11	9.13
5	4.67	35.40	50.96	40.40	10.89	4.00	8.82	7.04
6	4.53	63.00	17.07	98.30	26.84	12.40	9.84	14.31
7	35.20	2.80	52.38	18.10	24.44	50.60	31.96	19.78
8	13.43	51.20	27.47	38.80	19.18	38.60	17.78	22.04
9	17.53	36.60	8.49	108.95	23.56	19.80	12.24	20.73
10	15.17	22.60	15.71	105.40	13.20	26.60	17.76	18.89
11	7.27	19.80	18.13	73.75	15.98	24.20	34.00	16.42
12	12.57	45.60	34.60	68.75	24.91	21.60	11.51	25.51
13	3.13	15.20	30.87	46.50	12.58	45.80	9.91	12.64
14	3.87	40.20	73.20	65.80	25.02	39.60	20.44	18.91
15	9.60	6.60	34.62	101.90	16.33	27.80	17.91	18.89
16	3.37	9.20	13.20	52.95	17.96	23.60	9.71	16.33
17	3.17	51.00	10.00	68.00	8.33	9.80	8.58	20.24
18	6.87	67.20	20.58	99.00	20.18	14.20	10.82	12.18
19	11.30	50.40	30.60	88.75	13.38	49.40	16.47	29.40
20	2.53	5.80	7.02	21.30	4.04	19.20	12.20	13.13
21	7.53	14.60	5.76	23.10	9.07	18.00	11.49	11.76
22	3.97	7.20	13.69	10.80	3.78	6.40	7.00	6.64
mean	10.37	30.60	23.82	62.65	16.05	25.05	15.68	16.24
sd	10.33	20.71	16.75	30.89	6.51	13.36	6.95	5.53

表.2-b 11月8日の活動性(歩数/min.)

Sub.	個別	休	音楽	休	図工	休	図工	給食	検査	自由
1	19.80	17.40	5.84	51.30	20.36	27.40	16.25	20.65	7.52	10.43
2	16.50	30.20	3.56	42.50	8.07	7.00	16.76	25.46	5.25	2.83
3	19.23	18.00	5.69	36.25	14.53	1.60	10.58	26.00	4.95	16.33
4	10.37	7.80	4.04	39.25	5.13	4.40	5.27	15.78	2.75	3.23
5	4.17	9.80	2.82	32.85	5.51	1.20	4.04	8.34	1.23	17.60
6	17.03	10.40	9.36	37.05	13.82	1.00	12.05	22.28	6.82	13.43
7	6.33	19.00	11.53	29.30	18.20	18.80	11.93	32.09	5.17	35.37
8	1.77	14.40	2.56	25.65	3.91	4.00	10.05	6.89	1.52	12.17
9	20.77	5.00	6.96	57.75	17.78	16.80	12.93	30.20	8.43	10.30
10	9.03	32.40	5.53	79.35	13.56	18.60	20.47	33.48	6.57	13.13
11	8.10	13.80	4.29	89.60	13.60	13.00	19.20	38.12	5.70	15.50
12	15.90	20.80	4.38	29.70	8.87	12.20	10.49	21.68	3.78	11.77
13	2.30	4.80	2.27	25.75	6.16	8.20	5.67	16.25	7.47	1.07
14	12.87	27.60	8.56	16.65	6.18	3.00	9.82	37.72	6.70	10.90
15	8.13	16.80	5.22	13.70	5.11	1.80	17.04	24.37	5.20	18.40
16	5.30	30.40	4.91	41.50	11.89	5.40	10.71	30.74	5.58	8.03
17	9.93	32.60	7.80	40.90	12.33	0.00	8.44	15.78	5.85	18.87
18	6.50	20.60	8.82	39.80	5.87	6.00	7.31	14.54	2.72	12.53
19	7.83	23.80	7.27	15.25	6.78	0.40	12.09	26.29	5.58	18.63
mean	10.62	18.72	5.86	39.16	10.40	7.94	11.64	23.51	5.20	13.19
sd	5.83	8.76	2.46	19.20	4.96	7.57	4.51	8.81	1.95	7.33

表.2-c 11月9日の活動性(歩数/min.)

Sub.	個別①	休	個別②
1	1.93	1.60	21.82
2	7.57	7.00	13.60
3	0.77	17.80	4.71
4	1.70	0.20	1.44
5	7.67	12.00	6.29
6	3.40	4.60	5.56
7	6.83	26.00	23.80
8	13.53	28.80	17.38
9	6.37	7.20	6.56
10	8.97	6.60	6.24
11	11.53	23.20	19.93
12	10.40	8.80	5.60
13	4.17	9.60	7.44
14	7.03	2.60	9.67
15	13.63	14.80	16.64
16	11.47	31.80	12.64
17	8.07	12.20	4.87
18	9.10	4.40	8.62
19	8.00	0.20	7.96
20	4.23	8.20	2.78
21	12.40	15.80	18.36
22	2.80	4.20	7.38
23	8.00	6.80	4.67
24	10.13	0.60	7.82
25	3.17	2.20	5.67
26	5.93	0.00	6.38
27	5.23	6.80	13.58
28	1.67	11.20	4.51
29	5.30	32.00	10.36
mean	6.93	10.59	9.73
sd	3.62	9.42	5.88

表.2-d 11月30日の活動性(歩数/min.)

Sub.	朝会	国語	休	算数	体育	社会	給食	学活
1	1.50	0.30	36.40	4.53	0.19	7.00	17.66	8.09
2	6.20	0.00	10.30	1.42	0.39	2.58	16.02	5.69
3	0.10	0.00	4.00	0.35	0.14	1.64	7.49	7.58
4	0.50	0.00	20.40	1.83	0.01	2.73	18.86	4.07
5	0.20	0.05	5.10	1.27	0.01	1.31	9.24	4.89
6	0.00	6.60	17.00	3.10	0.76	4.02	20.40	13.78
7	1.30	0.00	18.70	3.95	0.50	5.80	22.14	11.56
8	1.80	2.90	17.00	5.30	0.74	9.62	15.57	6.98
9	0.40	0.35	29.20	2.65	0.46	7.33	26.06	14.80
10	5.90	0.40	14.80	3.17	0.96	3.04	19.98	7.93
11	1.30	0.10	18.50	5.95	1.73	10.40	31.91	14.22
12	1.90	1.05	5.70	3.90	0.67	1.89	27.27	7.36
13	1.30	1.45	8.60	3.20	0.67	5.76	24.00	7.11
14	0.70	1.15	36.00	3.60	0.30	5.87	40.91	13.07
15	3.80	0.20	52.10	3.70	0.39	11.89	24.69	10.33
16	0.30	0.45	10.20	1.77	0.77	5.87	17.20	10.80
17	0.40	0.20	0.40	1.20	0.24	4.27	16.86	1.84
18	0.00	0.20	17.40	1.75	0.14	4.33	25.99	6.24
19	1.30	0.15	1.30	4.82	0.11	4.13	17.66	11.64
20	0.70	0.05	28.70	1.20	0.16	9.58	34.49	13.18
21	5.60	0.65	16.30	2.20	0.47	8.27	22.58	9.69
22	4.00	0.00	5.20	1.35	0.71	6.40	15.30	6.91
23	5.20	0.15	18.50	2.83	0.61	9.91	32.25	10.96
24	0.20	0.35	5.60	2.28	0.03	5.11	16.00	7.04
25	1.90	0.35	11.70	2.75	0.13	6.53	24.17	5.11
26	0.70	0.15	4.20	0.47	0.41	2.56	8.84	2.44
27	0.00	0.10	4.00	0.85	0.43	1.80	16.84	2.87
mean	1.75	0.64	15.46	2.64	0.45	5.54	21.13	8.38
sd	1.94	1.32	12.12	1.46	0.36	2.92	7.72	3.65

2)個別学習、一斉授業、休み時間の間の相関

休み時間に活発に動きまわる児童はその活動性がそのまま個別学習の学習スタイルにあられるかどうか、あるいは児童の活動性が、カリキュラムの違いや休み時間を通して一貫しているかどうかを確かめるために個別学習と一斉授業、休み時間の間の関連を調べることにする。

完全なデータのとれた3日間(11月7,9,30日)のデータ(12人の被験者からなる)を分析対象にした。改めてデータを示しておく。

表.3-a 11月7日の平均歩数値/min.

S u b	個別①	休	個別②	休	個別③	休	個別④	給食
1	43.73	58.60	24.04	102.10	18.87	7.40	21.73	12.13
2	13.53	25.40	14.82	63.00	17.78	32.80	20.00	16.73
3	1.53	1.80	9.91	31.85	10.47	31.40	19.11	9.13
4	4.67	35.40	50.96	40.40	10.89	4.00	8.82	7.04
5	4.53	63.00	17.07	98.30	26.84	12.40	9.84	14.31
6	17.53	36.60	8.49	108.95	23.56	19.80	12.24	20.73
7	7.27	19.80	18.13	73.75	15.98	24.20	34.00	16.42
8	3.87	40.20	73.20	65.80	25.02	39.60	20.44	18.91
9	3.37	9.20	13.20	52.95	17.96	23.60	9.71	16.33
10	6.87	67.20	20.58	99.00	20.18	14.20	10.82	12.18
11	2.53	5.80	7.02	21.30	4.04	19.20	12.20	13.13
12	3.97	7.20	13.89	10.80	3.78	6.40	7.00	6.64

表.3-b 11月9日の平均歩数値/min.

S u b	個別①	休	個別②
1	1.93	1.60	21.82
2	7.57	7.00	13.60
3	7.67	12.00	6.29
4	3.40	4.60	5.56
5	6.83	26.00	23.80
6	6.37	7.20	6.56
7	11.53	23.20	19.93
8	11.47	31.80	12.64
9	4.23	8.20	2.78
10	12.40	15.80	18.36
11	8.00	6.80	4.67
12	1.67	11.20	4.51

表.3-c 11月30日の平均歩数値/min.

S u b	朝会	一斉	休	一斉	計測せず	一斉	給食	学活
1	1.50	0.30	36.40	4.53	0.19	7.00	17.66	8.09
2	6.20	0.00	10.30	1.42	0.39	2.58	16.02	5.69
3	0.50	0.00	20.40	1.83	0.01	2.73	18.86	4.07
4	0.20	0.05	5.10	1.27	0.01	1.31	9.24	4.89
5	1.30	0.00	18.70	3.95	0.50	5.80	22.14	11.56
6	5.90	0.40	14.80	3.17	0.96	3.04	19.98	7.93
7	1.30	0.10	18.50	5.95	1.73	10.40	31.91	14.22
8	0.70	1.15	36.00	3.60	0.30	5.87	40.91	13.07
9	0.40	0.20	0.40	1.20	0.24	4.27	16.86	1.84
10	1.30	0.15	1.30	4.82	0.11	4.13	17.66	11.64
11	4.00	0.00	5.20	1.35	0.71	6.40	15.30	6.91
12	0.70	0.15	4.20	0.47	0.41	2.56	8.84	2.44

また、表3-dは個別学習、一斉授業、休み時間別の活動性(平均歩数/min.)を示している。

表3-d 個別学習、一斉授業、休み時間別1分間の平均歩数値

Sub	個別	一斉	休
1	22.02	3.94	41.22
2	14.55	1.33	27.70
3	9.16	1.52	19.49
4	14.05	0.88	17.90
5	14.82	3.25	43.68
6	12.46	2.20	37.47
7	17.81	5.48	31.89
8	24.44	3.54	42.68
9	8.54	1.89	18.87
10	14.87	3.00	39.50
11	6.41	2.58	11.66
12	5.77	1.06	7.96

これらのデータをもとにした計算結果、児童の活動性は個別学習時と休み時間間に有意な相関があるという結果が得られた($r=0.81$ $p<0.01$)。個別学習時の活動性が自由に行動できる時間の活動性と関連があるのは興味深い結果である。一方で、個別学習と一斉授業、一斉授業と休み時間の間には有意な相関は見出されていない。

図.3は総データについて個別学習、一斉授業、休み時間別の1分毎の平均歩数である。オープンスペースを活用した個別学習時のほうが、活動性が高まるのではないかという仮説が支持されたといえる。一斉授業で1分毎に平均5.61歩も歩行しているのは大きい数値ではないかと思われるかもしれないが、これは図工など作業のともなう授業が含まれていたためや、前後の休み時間が授業に入りこんでいたことも関連するであろう。オープンスペースにおける学習時の活動が一斉授業と休み時間の平均歩数の中間に位置することは興味深い。

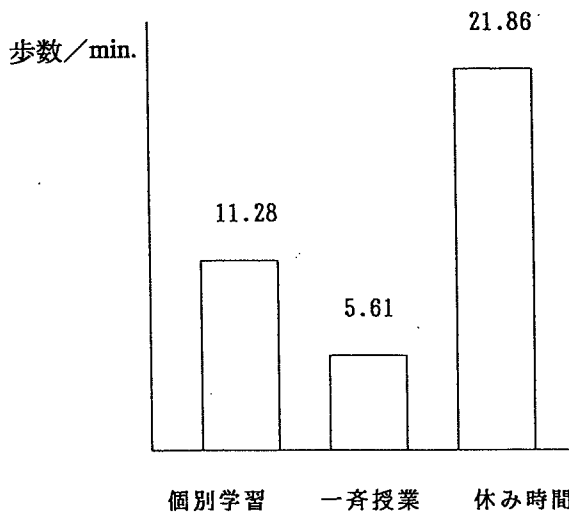


図.3 総データの1分毎の平均歩数

3) 相対累積活動量

図.4-a~4-cは、児童の1日の相対累積活動量を示している。1日の活動量のサイズを統一しているため、個人内のカリキュラム別活動が相対比で表わされている。個人差の大きさと、それらが休み時間とオープンスペースをつかった個別学習の時に表われていることが読みとれる。

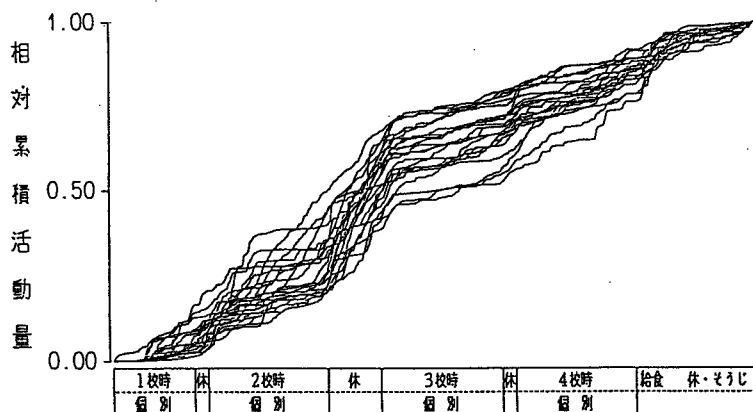


図.4-a 児童の1日の相対累積活動量(11月7日)

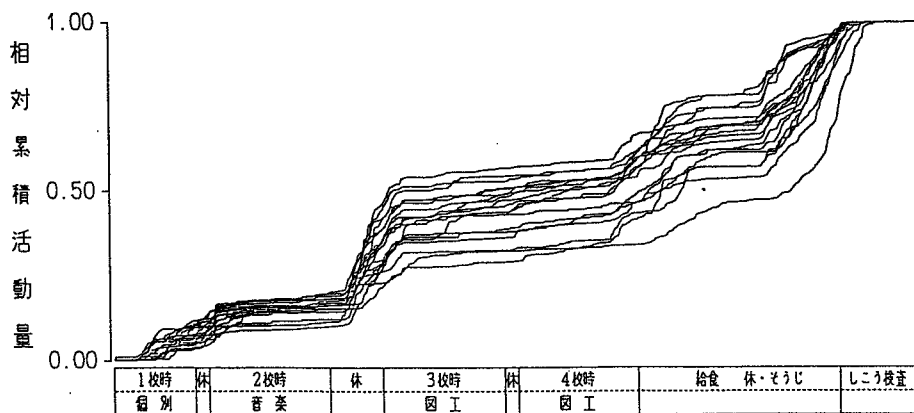


図.4-b 児童の1日の相対累積活動量(11月8日)

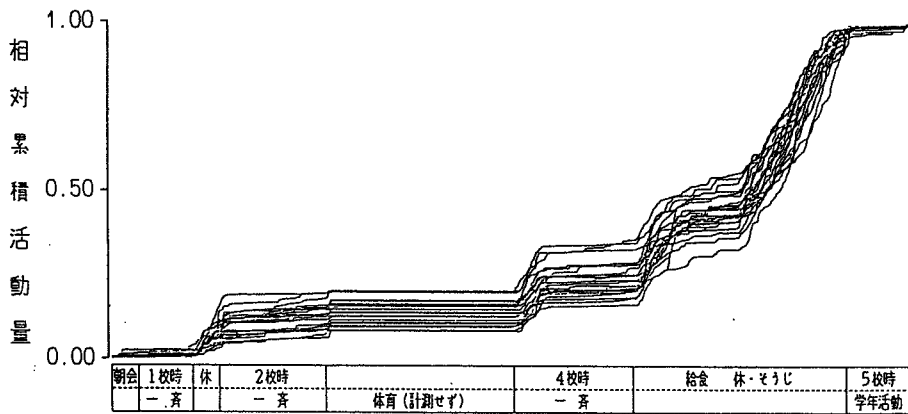


図.4-c 児童の1日の相対累積活動量(11月30日)

4)教師の行動と児童の行動の対比

児童の活動性だけでなく、教師の行動パターンにも興味深い結果が得られた。図.5のデータは担当教諭である佐久間教諭の行動量をあらわしたものである。

一斉授業ではある程度の行動量を保って恒常的に行動していることがうかがえる。授業観察記録からは、一斉授業での佐久間教諭の行動パターンは板書のために立ち動くことと、クラスルームのなかを見回る動作で大半が占められていたことが判明している。

一方、個別学習授業において、教諭の行動は活動時と非活動的に明確にわかれている。非活動時について佐久間教諭は教卓で児童の学習の指導にあたっていると考えられる。活動性が示される場所は、オープンスペース内の児童の様子を見てまわっている。

2つのデータを単純に見比べるだけでも、一斉授業と個別学習時の教師の行動量と活動パターンの違いがよみとれるであろう。教師の活動性もカリキュラムに影響を受けている。

このデータについては他にも特徴を見出すことができる。たとえば、15秒間の単独の歩数について、オープンスペースを使用した個別学習の方がクラスルームを使用した一斉授業のそれよりも、高い数値となっていることが多い。つまり、教師が教室内を歩行するという活動は、教師のいる環境スペースにも影響を受けているのではないだろうかと考えられる。

教師の活動性がカリキュラムや教室環境に影響を受けるとすれば、必然的に教師の活動性が児童の学習意欲や姿勢にも影響を及ぼすことも考えられる。

様々な個別化教育が提案されているが、カリキュラムによって教師が受ける影響も、実に多様なものであることが予想される結果となった。

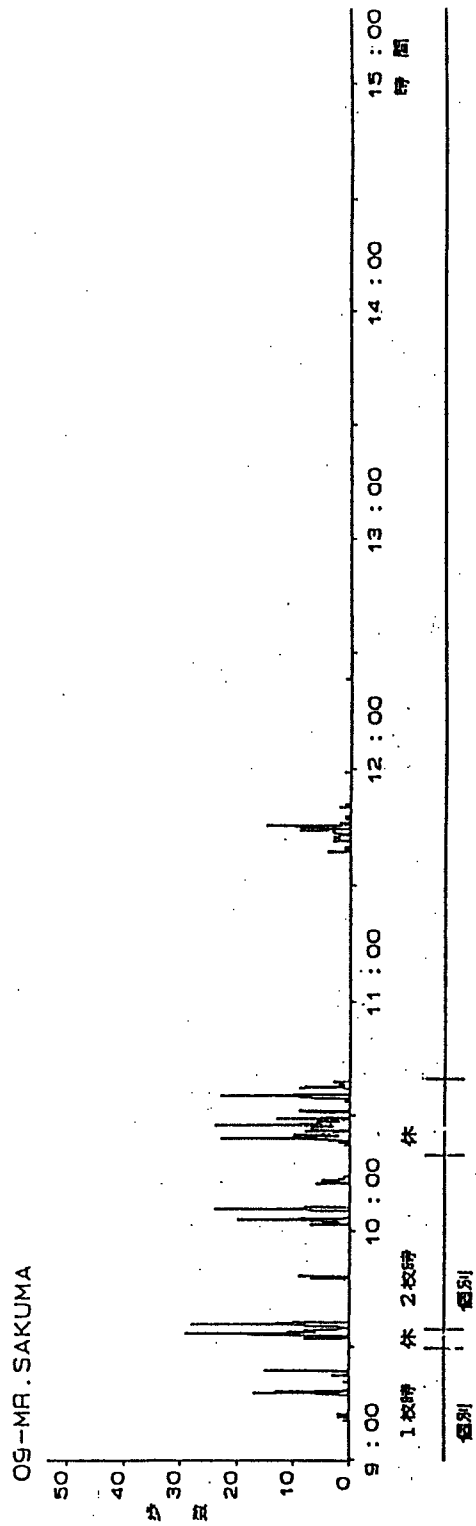
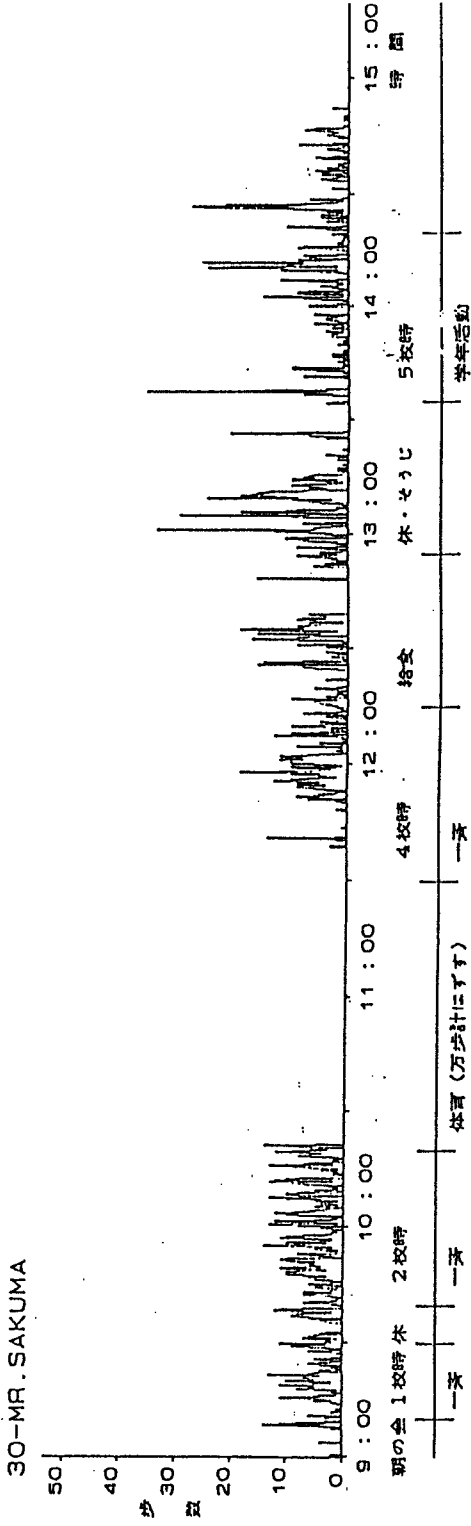


図.5 一斉授業、個別学習における教師の活動性

3.2 活動性を指標としたオープンエデュケーションの評価研究(2)

—北条小学校4年生の事例研究—

3.2.1 目的

教師及び生徒の活動の変化をカリキュラムとの関連で捉える。カリキュラムが児童の活動性に影響を与うるものであるかをより定量的、詳細に検証することを目的とする。

3.2.2 方法

測定の概要

アクトメーターを各児童に装着した。また、8ミリビデオカメラ及びVHSムービー計10台を利用し、オープン学習時の児童の行動を撮影した。カメラは各コーナーが収まる形で三脚を用いて固定された。なお、すべて廊下側に設置された。

測定対象

千葉県館山市立北条小学校4年生の児童約35名とその担当教諭1名。

測定日時

1992年10月末日

3.2.3 結果及び考察

1) 設定条件間の歩数の相関

時系列に即した歩数の読み取りが一日中可能であった。一斉授業、昼休み、オープン学習のような許される活動の自由度の異なった様態における活動のレベルが全く自然な状態で記述される。

表.4-a~4-cは、男女別に見た歩数/分の平均値と相関を示している。女子は設定された条件に関わらず安定した行動を示すが、男子は設定された条件により行動の取り方が異なる傾向を示している。

2) カテゴリー別の活動性

授業中の児童の活動を、勉強に関係あるカテゴリー (on task) と勉強に関係ないカテゴリー (off task) に分けた。さらに、それぞれについて6つと5つのカテゴリーに分け、それぞれについて分析を行った (表.5)。

表.6は9名 (男子4名、女子5名) を抽出し、個人別にon taskとoff taskについての時間の比率を示した。また、オープン学習時と昼休み時の歩数/分の比較を行った。図.6は、4つのカテゴリーについて時間比率をグラフ化したものである。

表.4-a オープン学習時と一斉授業時の歩数の相関係数

	オープン	一斉授業	相関係数
男子	7.87 (4.42)	3.90 (1.35)	0.611
女子	5.64 (1.96)	2.28 (1.36)	0.708
全体	6.69 (3.53)	3.04 (1.58)	0.650

表.4-b 昼休み中とオープン学習時の歩数の相関係数

	昼休み	オープン	相関係数
男子	36.40 (22.13)	7.87 (4.42)	0.409
女子	11.99 (5.69)	5.64 (1.96)	0.696
全体	23.43 (19.88)	6.69 (3.53)	0.520

表.4-c 昼休み中と一斉授業時の歩数の相関係数

	昼休み	一斉授業	相関係数
男子	36.40 (22.13)	3.90 (1.35)	0.609
女子	11.99 (5.69)	2.28 (1.36)	0.749
全体	23.43 (19.88)	3.04 (1.58)	0.683

表.5 カテゴリーのまとめ

[On Task種別] 勉強に関係あり	課題に即した作業を行う
	課題について友達と相談する
	課題について先生の指導を受ける
	他の人の作業を観察する
	コーナーの選択をする(オープン学習時)
	挙手して意見を発表する(一斉授業のみ)
	先生の質問に答える
	その他
[Off Task種別] 勉強に関係なし	うろうろする
	逸脱行動をとる
	無駄話しをする
	ぼんやりする
	その他

表.6 個人別の活動性の比較

	Male(N=4)				Female(N=5)				
	O	D	N	Y	O	I	Sa	U	Si
On Task	96.1	91.3	91.0	90.0	99.0	98.2	97.2	84.9	83.0
Off Task	3.9	8.7	9.0	10.0	1.0	1.8	2.8	15.1	17.0
Activity (O)	8.0	7.9	8.6	11.5	6.0	4.5	5.6	5.1	10.6
Activity (N)	84.6	60.8	21.3	24.4	13.9	8.7	9.7	11.5	17.0

On/Off Task : frequency ratio in open class

Activity(O/N) : steps per min. ; O:Open class , N:Interval in noon

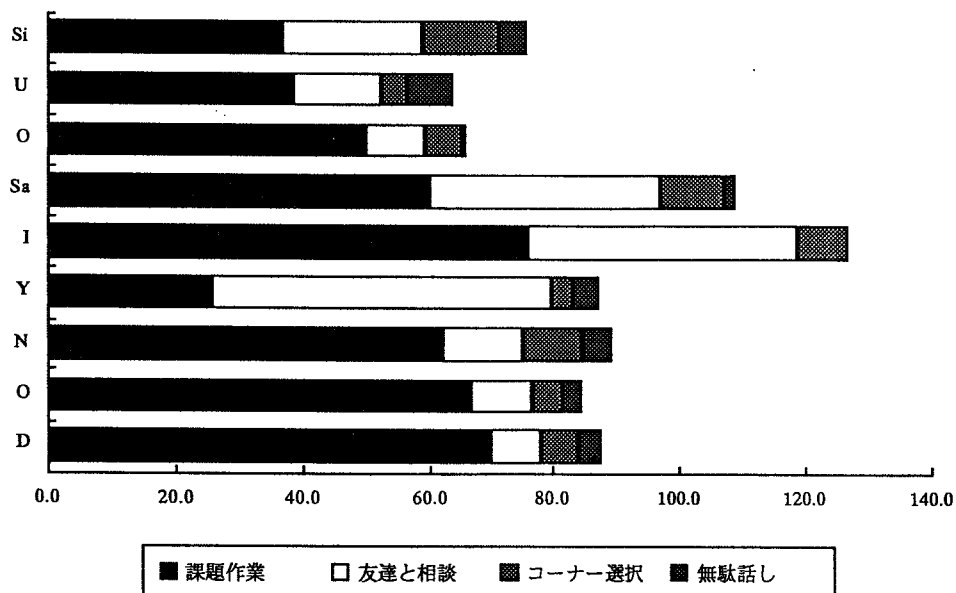


図.6 個人別コーナーごとの活動時間

(各カテゴリー活動を独立させることができなかったため合計が100%を超える児童がいる)

3) データ分析

ビデオカメラにより採録した映像から、より詳細なデータ化を独自で作成したアプリケーションにより以下の方法で試みた。

以下、操作手順である。

初期起動

- 1.パソコン (NEC98NOTE) の電源を投入する。
- 2.フロッピーディスクをドライブに挿入する。
- 3.自動的に観察プログラム (ファイル名: OBS) が起動される。
- 4.対象児の名前を記入 (英数字1~7文字)。
- 5.対象シーン番号を入力 (数字1桁)。
- 6.VTRの該当シーンが始まったら、何かキーを押して観察を開始する。
- 7.MS-DOSへ自動復帰する。

(なお、引き続き別の観察を行う場合は、上記1.2.3.に替えて、DOSのプロンプト (A >) の次にobs<return>を入力すればよい。)

途中で観察を中止するときは、<ESC>キーを押す。なおその場合、それまでの観察データは失われる。

使用可能なキーは1、2、3、・・・、0、スペース、XFER、の12個である。それ以外のキー入力は無視される。ただし<COPY>、<STOP>キーには触らないこと。

各キーの定義

スペース：画面に入る（途中から入ってきたとき）

XFER：画面から出る

1：off 器具、材料と接触（器具や材料で課題と無関係の活動を行う）

2：on 他生徒と接触（作業中に話しかける、相談する）

3：off 他生徒と接触（ふざける、一緒に遊ぶ、相手の身体に触れる）

4：on 教師、大人との接触

5：on 器具、材料と接触

6：on ノート記入

7： 他生徒の作業観察

8：on その他の（単独）行動（ノートや筆箱を取りに戻る、床に落としたものを拾う）

9：off その他の（単独）行動（了解不能な（目的が不明な）行為）

0： 別のコーナーへ移る（1つの画面に2つ以上のコーナーが移っている場合）

オープン学習を時系列に10分割し、それぞれの活動時間の比率を示したのが表.7である。合計が1にならないのは、各カテゴリー活動を完全に独立させることができなかったため、重複することがあったためである。

表.7 時系列カテゴリー別活動時間比率

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean(SD)
[OnTask]											
器具、材料と接触	.319	.296	.274	.322	.241	.228	.488	.305	.390	.256	.311(.074)
他の生徒と接触	.081	.074	.028	.032	.065	.088	.077	.045	.060	.151	.070(.033)
ノート記入	.263	.123	.323	.071	.119	.129	.029	.092	.133	.251	.153(.089)
他の生徒の作業観察	.224	.116	.218	.165	.184	.151	.127	.057	.165	.177	.158(.047)
その他の行動	.004	.011	.017	.022	.009	.070	.016	.005	.009	.000	.016(.019)
[OffTask]											
器具、材料と接触	.088	.119	.134	.126	.183	.065	.021	.064	.091	.097	.099(.043)
他の生徒と接触	.015	.028	.002	.005	.038	.090	.046	.050	.009	.030	.031(.025)
その他の行動	.068	.245	.057	.116	.077	.367	.133	.167	.045	.065	.134(.097)
[otherTask]											
教師、大人と接触	.021	.013	.068	.010	.056	.053	.017	.009	.096	.025	.037(.028)
コーナー移動	.051	.038	.012	.205	.132	.364	.123	.327	.090	.126	.147(.113)

項目間相関を示したのが表.8である。それぞれのカテゴリーの活動時間を基にして相関を求めた。特に高い正の相関を示したのは、他の生徒と接触(off)-その他の行動(off)(.791)、その他の行動(on)-(off)(.782)、他の生徒と接触(off)-コーナー移動(.749)などであった。特に高い負の相関はみられなかった。

表.8 項目間相関

	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)
1) 器具、材料と接触	1.000									
2) 他の生徒と接触	-.157	1.000								
3) ノート記入	-.458	.189	1.000							
4) 他の生徒の作業観察	-.220	.083	.696	1.000						
5) その他の行動	-.257	-.058	-.196	-.032	1.000					
6) 器具、材料と接触	-.593	-.235	.308	.451	-.214	1.000				
7) 他の生徒と接触	-.206	.335	-.391	-.475	.651	-.435	1.000			
8) その他の行動	-.259	.080	-.378	-.485	.782	-.319	.791	1.000		
9) 教師、大人と接触	-.092	-.145	.288	.426	.187	.267	-.128	-.226	1.000	
10) コーナー移動	-.231	.004	-.485	-.560	.585	-.352	.749	.618	-.192	1.000