

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2007～2008
課題番号：19500107
研究課題名（和文） 発達性協調運動障害の診断とリハビリのためのユーザインタフェースに関する研究
研究課題名（英文） A Research for User Interface to Assess Development Coordination Disorder and its Rehabilitation
研究代表者
伊藤 雄一（ITOH YUICHI）
大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号：40359857

研究成果の概要：

本研究課題では、子供の障害の一つである、発達性協調運動障害(DCD)の診断とリハビリのためのユーザインタフェースを実現することを目的とする。子供を対象とするユーザインタフェースの構築として、使いやすいハードウェアの試作と、飽きさせないソフトウェアの実装を行い、5歳半から6歳半の健常な子供ら38人による評価実験を通じて提案システムの評価を行い有効性を確認した。また、実際の医療現場で利用するために、この実験を通してシステムに対するフィードバックを得て改良を進めた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：ヒューマンインタフェース

1. 研究開始当初の背景

発達性協調運動障害 (Developmental Coordination Disorder, DCD) とは、先天的脳機能障害の中でも、身体運動に特異的な困難を抱えているものを指し、手先がうまく使えない、目と手の協調が困難である、筋力やバランスの調整が困難であるという症状を呈す。この障害の有病率は、5歳から11歳の年齢の子供の6%に達すると見積もられている。DCDは、その症状から、単に子供がその行為を苦手としているだけ、あるいは不器用であるだけと判断されたり、成長過程における家庭の教育の問題、つまり後天的な障害として捉えられがちであるが、実際には生まれながらに脳に損傷を持っていることが原因であることが分かっている。すなわち、多くの子供がこの障害を持っているにも関わらず、適切な診断と治療を行うことができていないのが現状である。

一般的に、この障害をはじめ、精神疾患の診断は、アメリカ精神医学会が発行しているDSM(Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders)というマニュアルを参考にしていることが多い。DSMでは、症状によって病気を細かく分類しており、診断するには患者の症状を診察し、当てはまる症状の組み合わせからその患者の病気を診断する。このような方法は、ある一つの分類に当てはまる患者全てが同じような症状を持っていたり、各分類間の境界が明確なときには有効であるが、実際には精神疾患の各分類が完全に分かれていたり、他の精神疾患から区別できるようなはっきりとした境界線が存在するわけではない。また、同じ精神疾患を持っていると診断された全ての患者が全ての面で同じ症状を呈するわけではなく、DSMを使用する診断では、医師の主観を取り除いた客観的診断が困難であるという問題がある。特に、DCDの場合は、知能障害によらない運動機能障害が患者に見られる場合にDCDと診断されなければならないが、例えば、書字が苦手といった症状が、知能障害によるのか、運動機能障害によるのかという判断が難しく、また、その他の症状でも同様に、他の障害と症状が異なる部分が多いので、明確な診断を下すことが難しく、診断の際には特に注意を要するという問題もある。

一方で、人の空間認識能力や形状構築能力の評価は、脳の負傷や障害を検査し診断するための重要な医療ツールであり、さらに、脳の認知機能を解明しようとする研究においても不可欠なものである。これらの評価は、患者や被験者に、心的回転(mental rotation)

のような純粋な認知タスクを与えるだけではなく、ブロックを配置したり、提示された通りにパズルのピースを並べるといった構築タスクを与えることによって実施されるのが一般的である。

これらの構築タスクは、空間認識能力のみならず、知覚・計画・実行といった実際に日常生活で必要とする能力を評価することが可能である。これまでにいくつかの研究において、2次元ではなく3次元形状を用いた構築タスクによる評価が重要であり、有益であることが示されている。しかしながら、3次元形状を用いたタスクにおけるタスク管理者の役割は、被験者へのタスクの提示や、構築途中の3次元形状の記録など複雑なものであり、被験者ごとのタスク完了時間などの記録の整合性と信頼性を確保することが困難であった。

2. 研究の目的

1で述べたような背景をもとに、我々は、3次元形状構築タスクで使用される各積み木ブロックにマイクロプロセッサを実装し、ブロックの接続・非接続をリアルタイムに検出することによって、被験者がどのような形状を構築しているかをリアルタイムに記録し、タスク終了後に得られたデータを自動的に解析する3次元空間認知能力評価のためのユーザインタフェースを提案・試作してきた。そして、これを用いて被験者実験を行い、試作されたユーザインタフェースが被験者の3次元空間認知能力を評価するに十分に精度が高いかを検討してきた。その結果、試作されたユーザインタフェースは、被験者の年齢や疾病の有無に対し被験者ごとの相違を示し、評価ツールとして有効であるという知見が得られた。さらに、実験の前後で被験者の空間認知能力に改善が見られた。

そこで本研究では、前述のユーザインタフェースを元に、主観を排除したDCDの診断と、リハビリテーションによる治療が可能な新たなユーザインタフェースを提案・実装し、検討する。また、「子供」を対象とした実験を精度高く行うため、様々な点で工夫する。前述のように、DCDは知覚と運動が乖離している症状を呈するため、DCDを患う子供は、構築すべき形状を認識できるが、その組み立てには健常な子供に比べ多くの時間を必要とすると考えられる。また、提案システムを用いて、手先を使った継続的な運動を行うことにより、リハビリテーション効果が得られ、DCDの治療を図ることが期待できる。既存のユーザインタフェースは、ブロックの接続

と接続面の認識に衣料用ホックを用いているため、その接続強度が不十分で、組み立て途中に崩れてしまったり、ホック同士の接触不良によって形状認識の精度が悪いという問題がある。また、接続のためには各面に配置されたオス・メスホックを2個ずつ接続する必要があり、ある程度の力が必要である。さらに、各ブロックとの通信を管理するベースブロックと呼ばれる特殊なブロックとホスト PC 間の通信は有線で行っており、持ち上げて回転させるというようなインタラクションは不可能である。今回、提案・実装するシステムでは、対象とするユーザは全て子供であるため、ブロックの接続強度を増し、落としたり、振り回したりと言った、不安定な挙動に対してもロバストであるように、接続認識精度を向上させる必要がある。また、その接続に磁石を利用することで、少ない力で接続ができるようにする。さらに、ベースブロックとホスト PC 間の通信を無線化することで、組み立て形状を用いたインタラクションの自由度を向上し、実験最中に子供の興味が失われないよう、組み立て形状を用いて、ホスト PC 内で展開される仮想空間内でごっこ遊びができるなどのゲーム的要素を取り入れたシステムを設計する。さらに、子供らが、ゲーム的要素で遊ぶことによって手先の運動を誘発し、リハビリテーション効果を与えることを試みる。試作したユーザインタフェースを用いて、DSM によって DCD と判断された複数の子供に対して被験者実験を行うことで、システムの DCD 診断に関する有効性を評価する。また、ゲーム的要素を用いて継続実験を行うことで、被験者の運動障害を治療するためのリハビリテーション効果が得られるかどうかを検討する。

3. 研究の方法

(1) 概要

人の形状構築能力は、日常生活で必要とする様々な能力と密接に関わり合い、その欠陥や異常は、脳の損傷によって引き起こされたり、アルツハイマー病(AD)などの病気によって引き起こされる。この形状構築能力は、通常、平面パズルを組み立てたり、ブロックを組み立てたり、絵を描いたりすることによって計測・評価される。これらのタスクはノンバーバルであり、かつ文化に依存せず、そのタスクは選択肢が多く、精度が高い。またブロックの組み立てなどの3次元のテストの方が、平面パズルのような2次元のテストよりも精度が高いことが知られている。我々は、実際に図1に示す空間認知能力評価ユーザインタフェースを構築し、検討を行った。

このシステムでは、被験者の前のスクリーンに被験者が組み立てるべきターゲット形状を表示し、被験者はできるだけ速く正確に、

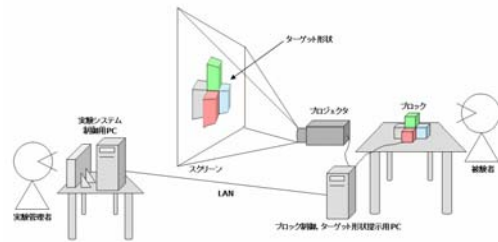


図1: システム構成

その形状を手元のブロックを用いて組み立てる。その組み立ての経過を PC で取得し、タスク完了時間やターゲット形状と組み立て形状の類似度などを解析することで、被験者の認知能力を評価する。本実験では被験者ごとに異なる結果が得られ、被験者の年齢によって結果が悪くなるなど、評価ツールとしての有効性を確認した。

本研究では、このユーザインタフェースを元に、子供の発達性協調運動障害 (DCD) の診断と、リハビリテーションによる治療のための新しいユーザインタフェースを創出しようとするものである。

(2) 試作システムの限界

これまでに我々が試作してきたシステムでは、主に大人を被験者として実験を行ってきた。その過程で得られた問題点は次の通りである。

- ・図2に示すように、ブロックの接続には各面に配置された衣料用のホックを用いているため接続強度が不足し、組み立て形状が崩れたり接触不良を起こすため、形状認識精度が悪い
- ・ブロック接続時にはある程度の力を必要とする
- ・ブロックとホスト PC 間の通信は有線を用いているためインタラクションの自由度が低い
- ・既存のシステムでは被験者が組み立てるべき形状がスクリーンに投影されているだけであり、子供にとって興味の維持が困難である

これらの問題点はいずれもシステムの利用

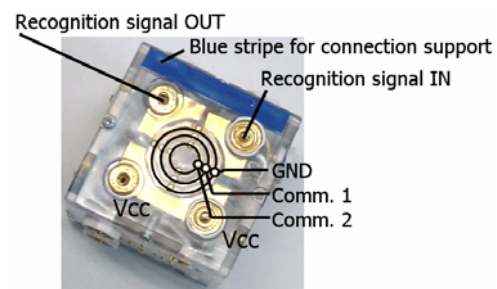


図2: ブロックの表面

者が子供であるということを考えると致命的なものであり、提案システムを試作する上で解決しなければならない問題点である。

(3) 研究方法

そこで本研究では研究を完遂するために2段階の研究段階を設けた。まず、第1段階としてシステムのハードウェアおよびソフトウェアの構築を行う。(2)で述べた大人向けシステムを子供らでも使用できるように、改良する。ソフトウェアに関しても子供らの好奇心や集中力を切らさないため、ゲーム的な要素を持つものとする。

次に第2段階として、このシステムを用いて実際の子供らによる被験者実験を行う。その結果を基にシステムの改良や、提案システムの有効性を評価する。

4. 研究成果

(1) 平成19年度

3で述べた問題点を踏まえ、平成19年度はハードウェア及びソフトウェアの開発・試作を中心に行った。

ハードウェアの開発に関しては、図3に示すように接続部に導電性を持つ磁石であるネオジム磁石を採用し、強力かつ容易にブロックの接続を行うことができたようにした。また、子供らに興味を失わせず、継続したインタラクションを行うことによってリハビリテーション効果を得る必要がある、このインタラクションの自由度を高め、例えば子供が飛行機の形状を組み立てて、それを持ってホストPC内で展開される仮想世界内でごっこ遊びができるようなシステムを目指し、ブロックとホストPC間の距離的制約を取り除くために通信を無線化した。

ソフトウェアの開発においては、3(3)で述べたように、子供らが一見して興味を持つように、ゲーム的な要素を持つものとする。具体的にはコンピュータ内に仮想の公園を構築し、その公園に滑り台やブランコなどの遊具を配置した。これら遊具は立方体で構成し、子供らが遊びたい遊具を選択し、その遊具を手元のブロックを用いて構築するようにした。この構築タスクの制限時間の有無や音声によるフィードバックの有無などの様々なパラメータは、実験管理者が動的に決定可能なものとする。その構築過程をコンピュータ

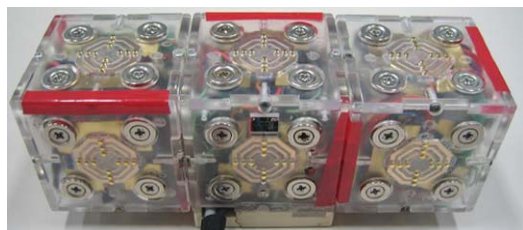


図3: 改良したブロック



図4: 作成したソフトウェア

によって全て記録し、解析を行うことでDCDであるかどうか診断できるようにした。一旦、遊具を構築し終わると、組み立てた形状そのものを用いて遊ぶことができる。ここで、組み立てに用いたブロックは、超音波センサやジャイロセンサ、ライトやアクチュエータなどの入出力デバイスが実装され、子供らの操作意図をコンピュータに入力したり、コンピュータ内の公園でのインタラクション結果を子供らに提示することが可能である。この遊びでは、組み立て形状を手や身体を使って動かすため、子供らの運動能力を刺激し、リハビリテーション効果が得られるものと考えられる。

(2) 平成20年度

平成19年度のハードウェアの開発・試作およびソフトウェアの実装をもとに、5歳半から6歳半までの健常な子供ら38人によって被験者実験を行った。実験では図4に表示された5種類の形状 (Seesaw, Carousel, Slide, Airplane, Dog) を使い、これらの形状を子供らに組み立ててもらい、その正確性と構築時間を測定し、最後にアンケートを採った。

図5に形状ごとの最終的な類似度(正確性)、図6にタスク完了時間のグラフを示す。

分散分析の結果、類似度およびタスク完了時間に関してユーザ間に有意な差が見られた。このことから提案システムが被験者の形

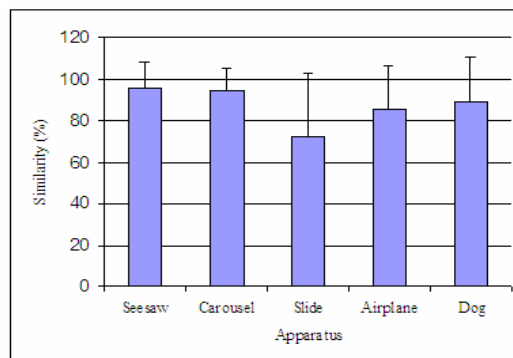


図5: 類似度(正確性)

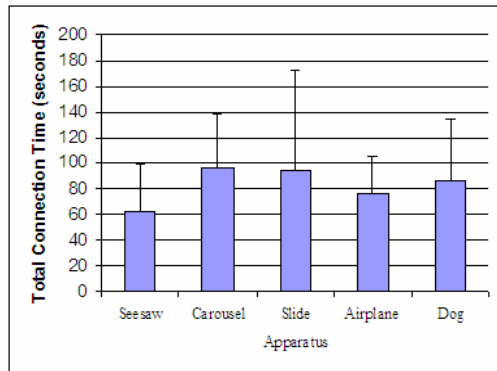


図6: タスク完了時間

状構築能力に応じた差を提示できていた可能性が示唆された。

ユーザフィードバックの結果を表1に示す。表より、95%の子供らが本実験を楽しんだと回答したことがわかる。さらにおよそ半数の子供らが形状構築に努力が必要だったと回答した。また、一般的なブロック遊びに比べ95%の子供らが提案システムの方が良かったと回答している。本結果より、提案システムにより、子供らの好奇心や、集中力を維持可能なシステムを構築できたと考えられる。

表1: ユーザフィードバック

	<i>Not at all</i>	<i>A little</i>	<i>Enjoy</i>	<i>A lot</i>	<i>Very much</i>
Enjoyment	0	0	5.3	7.9	86.8
	<i>Not at all</i>	<i>Little</i>	<i>Make an effort</i>	<i>A lot</i>	<i>Very much</i>
Effort	26.3	18.4	5.3	0	50
	<i>Regular blocks</i>		<i>Proposed System</i>		
Preference	5.3		94.7		

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6件)

- ① 小川兼人, 伊藤雄一, 阿部登樹, 岸野文郎, 実物体によるモーショントラッキングを用いた3次元形状モデル検索, 情報処理学会インタラクティブ2009 論文集, Vol.2009, No. 4, pp. 9-16, 2009, 査読有り
- ② T. Maekawa, Y. Itoh, K. Norifumi, Y. Kitamura, F. Kishino, MADO Interface:

a Window like a Tangible Interface to Look into the Virtual World, Proc. of Tangible and Embedded Interaction 2009, pp. 175-180, 2009, 査読有り

- ③ 吉田愛, 伊藤雄一, 小池季, 岸野文郎, ユーザ構築型インタフェースに関する一検討, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.10, No. 4, pp. 66-102, 2008, 査読無し
- ④ 前川拓也, 川合規文, 伊藤雄一, 北村喜文, 岸野文郎, 仮想世界を覗く「窓」インタフェースに関する検討, 電子情報通信学会 2008 年総合大会, CD-ROM, 2008, 査読無し
- ⑤ 小池季, 伊藤雄一, Sigal Jacoby, 川合規文, Doron Jacoby, Naomi Josman, 北村喜文, Patrice L. Weiss, 岸野文郎, 発達性協調運動障害(DCD)の診断とリハビリのためのインタフェースに関する検討, 日本バーチャルリアリティ学会第12回大会論文集, pp.456-459, 2007, 査読無し
- ⑥ 川合規文, 伊藤雄一, 北村喜文, 岸野文郎, ActiveCubeの形状構築機能のユーザビリティ評価, 日本バーチャルリアリティ学会第12回大会論文集, pp. 95-98, 2007, 査読無し

[学会発表] (計 1件)

- ① 川合規文, 伊藤雄一, 北村喜文, 岸野文郎, 人のオーラを具現化するインタフェース「AuraCube」, エンタテインメントコンピューティング2007, 2007

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 雄一 (ITOH YUICHI)

大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授
40359857

(2) 研究分担者

北村 喜文 (KITAMURA YOSHIFUMI)

大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授
80294023

岸野 文郎 (KISHINO FUMIO)

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授
10283722

(3) 連携研究者 なし