

視覚運動変換型の認知機能計測用 Web システムの開発

杉浦 圭† 福田 洋治‡ 毛利 公美†† 中井 敏晴†† 田中 あゆ子††† 白石 善明†

名古屋工業大学† 愛知教育大学‡ 岐阜大学††

国立長寿医療研究センター‡‡ 国立保健医療科学院†††

1 はじめに

高齢者人口が増大し、認知症への対策が急務である。認知症の進行により失われた脳神経細胞は現状では回復させる実用的手法が確立されていないこと、家族が異変を感じてから医療機関で診断を受けるまでに時間を要することから、症状が顕在化する前の早期発見の重要性は高い。

認知症では記憶・見当識に関係する認知機能の評価が診断の中心だが、現在では運動療法による認知機能の改善や体力測定と神経心理検査による認知機能低下のスクリーニング指標が提案されるなど、運動と認知機能の関連が注目されている。

我々は運動に関わる脳機能解析を目的として、PC上で豆運び課題を提示するソフトウェア Bean Transfer Test(BTT)を開発している。また fMRI を用いて視覚運動変換型の作業課題として妥当な脳機能マップを得られることを確認し、前臨床評価へ進む見通しを得た[1]。今後は行動データの収集を進めて運動から認知機能低下を評価する指標を開発し、認知症の診断技術支援を行うことを目指している。

一方、ICT 技術を活用して家庭などから生体計測・診断を行う遠隔療法が提案されている[2]。今後、遠隔療法の普及によって、家庭からインターネットを介して行う Web 診断が増えると考えられる(図 1)。我々の開発した作業課題提示ソフトウェアにおいても、インターネットから利用できれば、視覚運動変換を中心とした効率的かつ大規模な被験者の分類が可能になる。これにより、認知症診断の啓蒙や開発指標から被験者の脳機能マップ診断の精度向上が期待できる。

しかし、家庭などからの利用を想定する場合、被験者ごとに計測環境が異なることが考えられる。視覚運動変換型の作業課題では被験者への視覚提示の違いは被験者の計測結果に影響するため、システムによる認知負荷が端末に関係なく意図した通りに行われることを保証する必要がある。

そこで、我々は視覚情報提示に関する実行環境の計測結果への影響を抑える動作保証機構を備えた仮想豆運び計測 Web システムを開発する。本稿では、被験者が計測を行う Web アプリケーション部分を実装した。また、複数能力の端末を用いて比較実験を行い、実際の視覚提示に要した時間と DB への記録可否の判定結果から端末ごとの計測結果への影響を軽減し、取得されたデータの信頼性向上が見込まれることを確認した。

2 視覚運動変換型の課題提示 Web システム

2.1 インターネットを介した定量的神経心理検査

認知症の評価には医師と患者が対面で行う神経心理検査が用いられており、Web 上で質問シート等を用いて定量的な評価を行うサイトも存在する。これらを活用すれば高齢者への認知症への啓蒙となる。一方、被験者を定量的に分析・評価できるような神経心理検査を Web 上で行えるサイトは現時点で我々が知りうる範囲では見られない。定量的な評価に十分な行動データの収集には計測環境が一定である必要があるが、被験者ごとの端末環境や計測実行時の状態の詳細を全て知ることは難しい。

Development of Web System for Evaluation of Cognitive Function of Visuomotor Transformation

†Kei SUGIURA and Yoshiaki SHIRAIISHI · Nagoya Institute of Technology

‡Youji FUKUTA · Aichi University of Education

††Masami MOHRI · Gifu University

†††Toshiharu NAKAI · Research Institute National Center for Geriatrics and Gerontology

††††Ayuko TANAKA · National Institute of Public Health

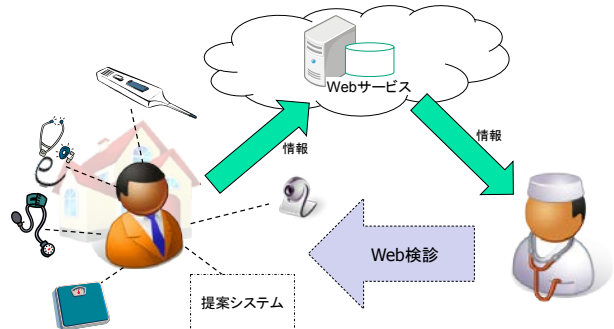


図 1 ICT を用いた遠隔医療への適用

したがって、インターネットを介して定量的な神経心理検査を実施し、有効な行動データを取得するには、端末の実効処理能力変動の総量的な評価と、ソフトウェア動作・計測情報への影響の軽減が課題となる。

2.2 仮想豆運び計測 Web システムの要件定義

本研究では被験者能力に対する認知負荷として視覚運動変換型の作業課題(豆運び)を用いるため、視覚情報提示の時間精度が被験者の計測結果に影響する。したがって、端末が異なっても物理的に同様の認知負荷を行えることが必須の条件となる。本稿において認知負荷が等しいとは、①被験者の入力を視覚情報に反映させるまでの遅延が等しいこと、②Effect 再生中の描画間隔が等しいこと、の 2 点を満たす状態と定義する。また、Web システムから得られた行動データが被験者の認知状態を分析・評価するのに十分な精度であることを保証したい。

以上より、仮想豆運び計測 Web システムが満たす要件は [要件 1] 被験者への視覚提示が端末に関わらず等しいこと [要件 2] 記録した行動データの信頼性を保証できることの 2 点とする。

3 計測用 Web アプリケーションの実装

仮想豆運び計測 Web システムは、被験者が計測を行う際にブラウザで計測用 Web アプリケーションへアクセスして豆運び課題による認知機能計測を行い、結果を DB へ転送するものを想定している。本稿では被験者が端末で利用する計測用 Web アプリケーション部分の実装を行った。

3.1 計測時のアプリケーション動作精度保証

我々は行動データを取得する Web アプリケーションを構成する際の動作精度保証機構を提案している[3]。要件 1 は本機構を用いて解決する。計測用 Web アプリケーションの動作精度保証機構の動作は次のようになる。

[Step1: 端末処理能力の測定] 豆運び課題実行コンポーネントのうち、描画関数と処理駆動 Timer の delay (TimerDelay) の平均処理時間を取得する。また、一定時間 Effect を再生する際の画面描画時間より、平均フレームレートを計測する。

[Step2: 描画処理遅延の判定] 描画に必要な処理の総数は入力イベントと現在の状態を表すフラグより推定できる。各場合で起動する処理時間の総和を予測処理遅延 (Pdelay) とする。

$$Pdelay = \sum x_i + TimerDelay \quad (x_i : \text{各平均処理時間})$$

また、開発者は事前に入力から Effect 再生開始までの遅延 (DrawDelay) にかかる時間 (基準処理遅延 (Rdelay)) と許容フレームレートを基準パラメータとして与えておく。精度保証機構は基準パラメータと予測時間から端末能力の判定を行う。

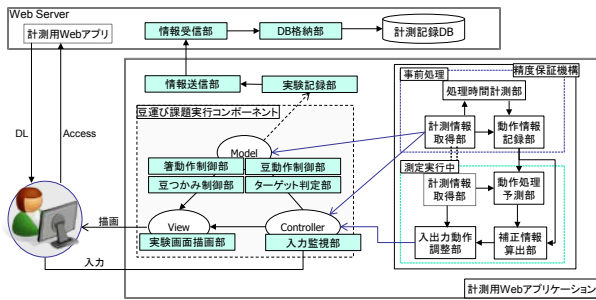


図2 仮想豆運び計測 Web システムの全体構成

表 1 仮想豆運び計測 Web システムが記録する行動データ

BTT出力ファイル	内容
Person	実験日時, 被験者の年齢, 性別など
Performance	総試行回数, 各動作成功数, CP毎の平均時間
cp-timing	CP到達時間(実験開始からの経過), 判定結果
Stick	各試行の箸の初期角度
action-log	被験者の入力内容, 受け取り時間

[Step3: 入出力の制御] 予測処理遅延が基準処理遅延に満たない場合, DrawDelay が基準処理遅延と等しくなるように補正delayを加えて調整する.

$$\text{DrawDelay} = \sum x_i + \text{TimerDelay} + \text{補正delay}$$

以上より計測用 Web アプリケーションは[要件 1]を保証する.

3.2 仮想豆運び計測 Web システムの構成

図 2 に仮想豆運び計測 Web システムの全体構成を提示する. 本システムは BTT の豆運び課題実行コンポーネントと 3.1 で述べた動作精度保証機構からなる計測用 Web アプリケーション, 計測記録を格納する DB とサーバプログラムで構成される. 計測終了後は情報記録部に保存した行動データを情報送信部・情報受信部がやり取りし, DB 格納部を通して表 1 に示す記録と計測結果を DB に格納する.

3.3 仮想豆運び計測 Web システムの行動データ取得

Web システムによる行動データ取得の流れを示す.

[1. 計測開始前]

被験者は計測用 Web アプリケーションへアクセスし, 端末評価開始ボタンを押す. 計測用 Web アプリケーションは動作精度保証機構の[Step1]・[Step2]より, 端末能力の評価を行い, [Step3]の動作調整が可能かどうかを被験者に通知する. 動作調整を行えない端末の場合は, 被験者に計測を終了するか, DB 登録なしに計測するかを選択させる.

[2. 行動データ計測]

キーボードを用いた豆運び模擬課題を被験者に提示する. 動作調整可能な端末では[Step3]に示した動作調整を同時に行う.

[3. 計測終了後]

適切な端末の場合, 被験者へ測定結果を通知するとともに情報通信部がサーバへ計測結果を送信し, DB に記録する. 適切でない端末の場合, 被験者への測定結果の通知のみを行う.

計測情報を記録する端末では動作調整を行い, 動作調整できない端末は事前検出して DB への登録を防ぐことから, Web システムは[要件 2]を満たす.

4 計測用 Web アプリケーションの評価

仮想豆運び計測 Web システムが要件を満たすことを確認するため, 実装した計測用 Web アプリケーションに対して複数の端末を用いて評価実験を行った.

4.1 評価実験概要

BTT の評価に用いた計測端末から基準遅延を決定し, 実装した計測用 Web アプリケーションと動作精度保証機構のない比較用アプリケーションで結果を比較した. 計測環境は表 2 に示す通りである. 入力から Effect 再生までの平均遅延と事前評価段階で行う DB 登録の判定結果から有効性を検討した.

表 2 計測環境

	基準端末	実行端末(1)	実行端末(2)
	Dell Vostro1710	HP ProBook 5310m	ONKYO TW317A5
CPU	Intel Celeron 560	Intel Core 2 Duo P9300	Intel Atom N450
RAM	3070MB	4096MB	1024MB
OS	Windows Vista	Windows 7	Windows 7
Flash Player	Flash Player11.1	Flash Player11.1	Flash Player11.1

表 3 実験結果

	基準遅延	(1)の平均遅延	(2)の平均遅延
Effect再生までの平均遅延[ms]	15	7.5	20.8
DB登録判定	機構あり	登録可	登録不可

4.2 実験結果

表 3 に入力受け取りから Effect 再生までの平均遅延の計測結果と, 事前評価での DB 登録判定の結果を示す. 実行端末(1)では, 比較用アプリケーションの平均遅延が 7.5ms に対して実装アプリケーションの平均遅延は 10.1ms となった. 実験端末(2)では比較用アプリケーションによる計測の平均遅延は 20.8ms となり, 基準遅延より大きくなった. 実装アプリケーションでは, 端末評価の段階で同端末を DB へ登録不可と判定した.

4.3 考察

実行端末(1)の結果より, 比較用アプリケーションに比べて実装アプリケーションの平均遅延が基準値に近くなっていることから, 入力反映までの遅延について, 想定条件と実環境の差を軽減できたと言える. 一方, 実行端末(2)のような基準よりも平均遅延が大きくなる端末を実装アプリケーションは事前評価の段階で不適当と判別できた. また本実験とは別の端末でも, 計測した平均遅延と基準遅延の差から同様の判断をすることを確認しており, 取得情報の品質判断を事前に行えることが確認できた. したがって, 事前に評価可能と判定した端末の結果のみを DB へ格納することで, 取得情報の信頼性を向上できる.

5 おわりに

我々が研究を進めている運動時の認知機能の評価指標の開発にあたり, 指標の信頼性の向上には多くの被験者情報を集める必要がある. 大規模かつ効率的に行動データを収集するために Web システムとすることは有効だが, 計測環境の違いが収集する行動データの信頼性を低下させる可能性がある. 本稿では豆運び模擬課題を行う仮想豆運び計測 Web システムを提案し, システム中の計測用 Web アプリケーション部分を実装した. また, 比較実験により被験者に与える認知負荷への端末能力の影響を軽減し, かつ同等の視覚提示が行えない端末からの記録を防ぐことで記録した行動データの信頼性を向上できることを確認した. したがって, 本システムで計測した行動データにより指標の信頼性向上が期待できる. 今後は実行時の描画間隔を事前評価するための動作精度保証機構の改善と, 本アプリケーションが保証する視覚情報提示の時間精度の妥当性検証から計測情報の有効性を検証していく.

参考文献

- [1] 杉浦圭, 福田洋治, 毛利公美, 中井敏晴, 田中あゆ子, 白石善明: fMRI による脳機能解析のための視覚運動変換型の体力測定課題と概念形成までの認知処理過程を同一とする課題提示ソフトウェアの開発, 電子情報通信学会技術報告, ライフインテリジェンスとオフィス情報システム研究会, Vol.111, No.383, pp.45-50(2012).
- [2] J.M. Smith: Wireless Health Care, IEEE Spectrum, available from (<http://spectrum.ieee.org/biomedical/devices/wireless-health-care/>) (accessed 2011-12-23).
- [3] 杉浦圭, 福田洋治, 毛利公美, 中井敏晴, 田中あゆ子, 白石善明: 行動データを取得する Web アプリケーションのための処理時間予測による測定精度保証, 第 10 回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp.659-660(2011).