

Kinect を用いた 3 次元歩行解析システムによる小脳性歩行障害の解析

研究分担者：西澤正豊¹⁾

研究協力者：他田正義¹⁾，関俊輔¹⁾，一井直樹¹⁾，永井貴大¹⁾，徳永純¹⁾，小野寺理²⁾

1) 新潟大学脳研究所 神経内科，2) 同 分子神経疾患資源解析学分野

研究要旨

小脳性歩行障害を定量評価する方法を開発するために，Kinect® (Microsoft 社) を用いて，操作が簡便で機動性の高い 3 次元動作解析システムを構築した．被験者は合図により椅子から起立し，約 0.5～1m 前の地点で 1 分間足踏みを行い，U ターンをして椅子に着席する運動を行った．解析対象は健常者 15 例（平均年齢 30.5 歳，SARA 合計・歩行 0 点），脊髄小脳変性症 (SCD) 患者 16 例（マチャド・ジョセフ病 6 例，遺伝性脊髄小脳失調症 6 型 2 例，その他 8 例；平均年齢 55.5 歳，SARA 合計 8.9 点，SARA 歩行 2.5 点）で，Scale for the Assessment and Rating of Ataxia (SARA) および重心動揺検査を同時に実施した．課題動作中に最も安定して情報が得られた頸点の X 軸成分に着目して，座標，速度，加速度 の経時的变化を解析した．頸点 X 軸（横軸）座標の周波数解析により，患者群では大きな左右の横揺れを反映して遅い周波数成分が増加した．歩行率（歩行回数/秒）を反映する中間の周波数成分のばらつきも増加した．さらに，頸点 X 軸座標のピーク解析において，SCD 患者では振幅および歩行周期の変動係数が増加した．この変動係数の増加は SARA 合計・歩行と各々高い正の相関を示した．本システムにより体幹の横揺れ，歩行率のばらつきを定量化することができ，さらに歩行周期と振幅の変動係数は小脳性歩行の重症度評価に有用である可能性が示唆された．

A. 研究目的

近年，ゲーム機やヘルスケア機器において 3 軸加速度センサーや深度センサーが実用化され，医学の領域でも臨床応用が期待されている．しかし，歩行解析，とりわけ小脳性歩行に対する評価法は十分確立されていない．本研究の目的は，簡便に実施可能な定量的な歩行解析システムを開発し，本システムを用いて健常者と小脳失調症の歩行運動を比較検討し，小脳性歩行の特徴を明らかにすることである．

B. 研究方法

Kinect® (Microsoft 社から発売されている深度センサー) を Mac Book Air (Apple 社) に接続し，解析プログラムを自作して，操作が簡便で機動性の高い動作解析システムを構築した．簡略して説明すると，歩行能力評価に用いられている Timed Up and Go Test (TUGT) の各運動時間（起立，歩行開始，U ターン開始，U ターン終了，着座開始 終了），および約 0.03 秒毎の頭部，頸部，肩(左右)，肘(左右)，腰，股関節(左右)，膝(左右)の各部位の座標（位置），速度，加速度の 3 軸成分と

ベクトル値を自動的に検出し，Mac OSX 上で作動するプログラムを作成した．被験者は合図により椅子から起立し，約 0.5～1m 前の地点で 1 分間足踏みを行い，U ターンをして椅子に着席する運動を行った．確実に足踏みをしていると考えられる測定アプリケーション起動から 40～55 秒後の 15 秒間を解析対象とした（図 1）．被験者は健常者 15 例，脊髄小脳変性症(SCD)患者 16 例（マチャド・ジョセフ病 6 例，遺伝性小脳失調症 6 型 2 例，その他 8 例）とした．臨床重症度 Scale for the Assessment and Rating of Ataxia (SARA)，重心動揺検査を同時に実施した．

(倫理面への配慮)

本研究は学内倫理委員会の承認を受け，対象者に利益・不利益，不参加や同意撤回の自由についての説明を行い，対象者から書面での同意を得た上で実施した．個人の特定につながる情報は解析前に削除し，登録番号によって連結可能匿名化し，個人情報外部に漏れないよう厳重に管理した．

C. 研究結果と考察

健常コントロールは 15 例で平均年齢は 30.5 歳，SARA は合計，歩行ともに 0 点であった．SCD 患者は 16 例で平均年齢は 55.5 歳，SARA 合計は平均 8.9 点，SARA 歩行は 2.5 点であった．この母集団では，SARA 合計が従来の歩行機能の評価法である TUGT ($R_s=0.731$, $p<0.001$) および静的平衡機能の評価法である重心動揺検査の矩形面積 ($R_s=0.673$, $p<0.001$) と各々高く相関することを確認した（図 2）．

次に，課題動作中に最も安定して情報が得られた頸点に着目して，頸点の X 軸（横軸）成分の経時的变化を解析した．座標（位置），速度，加速度を解析したが，座標成分においてコントロールと患者間の差が最も顕著であったことから，以降の解析は座標成分に着目

して行った．

頸点 X 座標の周波数解析により，SCD 患者群では大きな左右の横揺れを反映して遅い周波数成分（0.7 Hz 以下）が増加した．歩行率（歩行回数/秒）を反映する中間の周波数成分（0.8～3.9 Hz）のばらつきも増加した（図 3）．体幹の横揺れ，歩行率のばらつきを成分化することによって個々の症例の歩行障害の特徴を定量化することができると考えられた．

さらに，頸点 X 座標のピーク解析において，SCD 患者群では健常群に比して振幅 ($p<0.001$) および歩行周期 ($p<0.001$) の変動係数が各々増加した（図 4A, 4B）．これら変動係数の増加は SARA 合計および SARA 歩行と高い正の相関を示した（図 4C）．左右方向の振幅および歩行周期の変動係数は小脳性歩行の重症度評価に有用である可能性が示唆された．

D. 展望・課題

本システムを実用化するために，収集したデータの自動解析システムの構築，速度および加速度などのパラメーターに着目した解析，歩行に合わせた検出器の可動化，運動課題の拡張，他疾患との比較検討を行っていく必要がある．

E. 結論

Kinect センサーを用いて簡便に実施可能な定量的な歩行解析システムを開発した．頸点の横方向の座標成分の周波数解析やピーク解析を行うことにより，小脳性歩行障害を定量評価することができると考えられた．歩行周期と振幅の変動係数は小脳性歩行の重症度評価に有用である可能性が示唆された．

[参考文献]

該当なし

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表 (2014/4/1~2015/3/31 発表)

1. 論文発表

- 1) Tada M, Nishizawa M, Onodera O. Redefining cerebellar ataxia in degenerative ataxias: lessons from recent research on cerebellar systems. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2015 Jan 30. doi: 10.1136/jnnp-2013-307225.
- 2) Ozawa T, Sone H, Nishizawa M. Reply to: Relationship between leptin and blood pressure in patients with multiple system atrophy. J Neurol Sci. 2015;348:285.
- 3) Ozawa T, Tokunaga J, Arakawa M, Ishikawa A, Takeuchi R, Yokoseki A, Sone H, Nishizawa M. The circulating level of leptin and blood pressure in patients with multiple system atrophy. J Neurol Sci. 2014;347:349-351.
- 4) Tada M, Nishizawa M, Onodera O. IP3 Receptors in Neurodegenerative Disorders: Spinocerebellar Ataxias and Huntington's and Alzheimer's Diseases. Norbert Weiss, ed. in Pathologies of Calcium Channels. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany. 2014;579-600.
- 5) 他田正義, 西澤正豊. 【神経症候群(第2版)-その他の神経疾患を含めて-】変性疾患 脊髄小脳変性症 劣性遺伝性脊髄小脳変性症 セナタキシン欠損症. 日本臨床別冊神経症候群 II. 2014:389-393.
- 井上誠, 西澤正豊. 多系統萎縮症における食道残留とその臨床的意義. パーキンソン病・運動障害疾患コンgres. 京都, 2014年10月3日.
- 2) 小澤 鉄太郎(新潟大学脳研究所 神経内科), 徳永 純, 石川 厚, 荒川 武蔵, 竹内 亮子, 横関 明男, 西澤 正豊. 多系統萎縮症とパーキンソン病における脂肪組織内分泌と起立性低血圧との関連の検討. 日本自律神経学会総会. 埼玉, 2014年10月31日.
- 3) 他田正義, 付永娟, 会田泉, 他田真理, 武田茂樹, 豊島靖子, 中島孝, 内藤明彦, 高橋均, 小野寺理, 西澤正豊. SCARB2 変異を認めた進行性ミオクローヌスてんかん 2 剖検例の臨床病理・生化学的解析. 第55回日本神経学会学術大会. 福岡, 2014年5月23日.
- 4) 徳永純, 他田正義, 永井貴大, 小野寺理, 西澤正豊. iPatax: 小脳性運動失調の新たな定量評価法. 第55回日本神経学会学術大会. 福岡, 2014年5月21日.
- 5) Tada M, Tokunaga J, Nagai T, Nishizawa M, Onodera O. iPatax: A new method for quantitative assessment for motor coordination of ataxia. AAN Annual Meeting 2014. Philadelphia, PA, 2014/05/01.

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

2. 学会発表

- 1) 下畑享良, 谷口裕重, 中山秀章, 堀一浩,

図1. 検査の概要

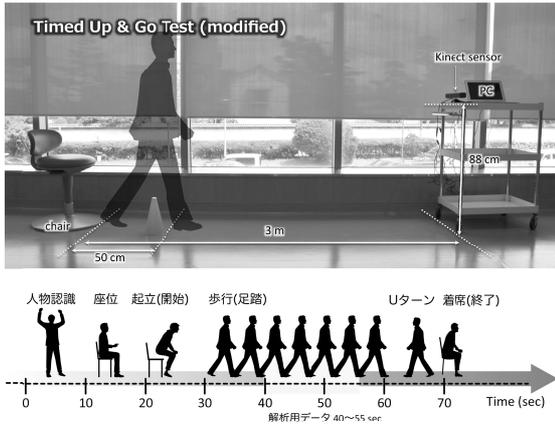
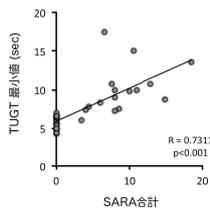


図2. 従来の評価法による歩行・静的平衡機能の評価

| | 人数 (男性/女性) | 年齢 | SARA 合計 | SARA 歩行 |
|-----|------------|-------------|-----------|-----------|
| 健常者 | 15 (11/4) | 30.5 ± 9.4 | 0.0 | 0.0 |
| 患者 | 16 (10/6) | 55.5 ± 14.4 | 8.9 ± 4.0 | 2.5 ± 1.0 |

SARA 合計と TUGT との相関



SARA 合計と矩形面積との相関

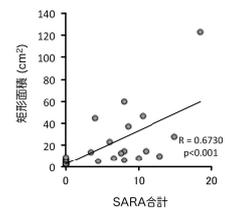


図3. 頸点X座標の周波数解析

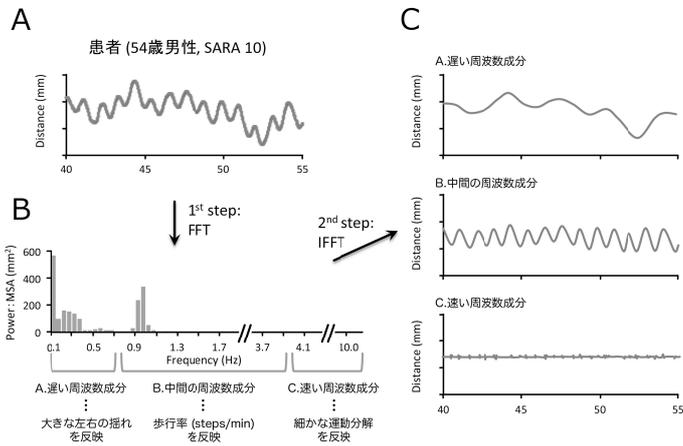


図4. 頸点X座標の振幅と歩行周期の変動

