

Original Article

新たな視線追跡システムを用いた失語症検査（聴覚的理解領域）の健常人における検討

境 梨沙,^{1,2} 小池康晴,³ 斉藤公男,⁴ 松永俊樹,⁴ 島田洋一,⁵ 宮腰尚久¹¹秋田大学大学院医学系研究科機能展開医学系整形外科学講座²秋田県立リハビリテーション・精神医療センターリハビリテーション科³東京工業大学科学技術創成研究院⁴秋田大学医学部附属病院リハビリテーション科⁵秋田県立医療療育機構

要旨

Sakai R, Koike Y, Saito K, Matsunaga T, Shimada Y, Miyakoshi N. Aphasia testing (auditory comprehension domain) using a new eye-tracking system in healthy participants. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2022; 13: 31-35.

【目的】新たに開発した視線追跡システムを用いて日本語を母国語とする健常成人を対象に失語症検査の聴覚的理解項目について評価し、従来のポインティング方式評価と比較検討すること。

【方法】対象は健常人 10 名で、失語症検査 (SLTA, WAB, SLTA 補助検査) から聴覚的理解項目の検査を視線追跡システムとポインティング方式で実施した。

【結果】平均検査時間は 9 分 51 秒 ± 1 分 41 秒 (mean ± SD) で、正答率はポインティング方式・視線追跡システムともに 100% かつ完全に一致していた。回答終了時間はポインティング方式平均 0.96 ± 0.36 秒、視線追跡システム平均 0.39 ± 0.21 秒で後者のほうが早く、かつ問題文を最後まで聞き終わる前に回答選択を終了していた。

【結論】新しい視線追跡システムにより従来のポインティング方式と同等の失語症検査（聴覚的理解項目）が実施可能である。

キーワード：視線追跡, 失語症, 標準失語症検査, Western Aphasia Battery, feasibility study

著者連絡先：境 梨沙

秋田県立リハビリテーション・精神医療センターリハビリテーション科

〒019-2492 秋田県大仙市協和上淀川字五百刈田 352

E-mail : sakai-risa@akita-rehacen.jp

2022 年 1 月 6 日受理

本研究に関し開示すべき利益相反関係にある企業等はない。

はじめに

失語症は脳卒中患者の 21~38% に発症し [1]、日本国内の失語症患者は推計 20~50 万人とされている [2]。失語症発症後の復職率は約 12~39% との報告 [3] もありコミュニケーション障害は社会参加を阻む問題のひとつである。さらに失語症が軽度の場合、特徴的な言語症状に気づかれず包括的な失語症検査が実施されないまま見過ごされている場合がある [4]。したがって、リハビリテーション診療において、失語症を見逃すことなく適切に診断・評価をすることは重要である。

脳卒中治療ガイドライン 2021 [5] では失語症検査として標準失語症検査 (Standard Language Test of Aphasia : SLTA) [6] や Western Aphasia Battery (WAB) 失語症検査日本語版 [7] が推奨されおもに利用されてきた。これらは、総合的失語症検査であり、聴覚的理解・視覚的理解・発話・書字といった 4 つの言語機能に加えて、おのおの特徴的な追加項目から構成され、所要時間は約 60-120 分で数回に分けて実施されることも多い。また、SLTA 補助検査として所用時間約 60 分の標準失語症検査補助テスト [8] も行われている。

一般的に、失語症検査の聴覚的理解項目などでは、提示された問題に対して被験者が指さして答えるポインティング方式などがとられるが、重度四肢麻痺を含む上肢運動障害を伴っている場合などでは、適切な判定結果を得ることが困難になる。そこでわれわれは上肢運動障害を伴っていても、適切な聴覚的理解項目などの失語症検査が可能となる新たな視線追跡システムを考案した。

視線追跡は目の動きや視線の位置、異常な視線パターンなどを客観的に計測することが可能な工学技術である [9]。Maruta らは、軽度外傷性脳損傷患者における視覚的注意の潜在的障害の評価に、視線追跡技術を用いた検査が有効である可能性があるとして報告している [10] が、失語症など高次脳機能障害の評価に視線追跡技術を利用する研究報告はまだ少ない。さらにわれわれが渉猟しえた限りにおいて、日本語を母国語とする被験者を対象にして、視線追跡技術を用いて

失語症検査を実施した報告はこれまでない。

本研究の目的は、日本語を母国語とする健常成人を対象に、新たに開発した視線追跡システムを用いて、失語症検査 (SLTA, WAB, SLTA 補助検査) の聴覚的理解項目を実施し、従来のポインティング方式の検査結果と比較して、臨床応用への実現可能性を検討することである。

対象と方法

対象は、日本語を母国語とする健常成人 (以後、健常人) 10 名 (男性 5 名, 女性 5 名, 年齢平均 25.4±7.1 歳) とした。除外基準は、てんかん発作の既往、失語症の原因となる外傷や脳卒中等の既往歴がある者とした。実験に先立ち、視力検査で裸眼もしくは視力矯正具を用いた視力に問題がなく、かつ失語症検査上問題となる聴力障害、上肢運動障害が被験者でないことを確認した。

失語症検査の評価項目は各検査バッテリー (SLTA, WAB, SLTA 補助検査) から単語、短文、ひらがな、図形、数字、色、YES/NO 問題の聴覚的理解を問う 64 問 (68 設問) を選択した (表 1)。

失語症検査を実施するために新たに開発した視線追跡システムは、視線追跡装置 (Tobii X120®, Tobii Technology, Sweden)、システム制御用ノートパソコン (ThinkPad E490, Lenovo, China)、リフレッシュレート 60 Hz の 13.3 インチ Full HD 液晶モニター、頭の動きを最小限にするためのヘッドレスト付きあご台から構成される (図)。

このシステムは、視線追跡装置と失語症検査における設問の図版が連動して作動し、計測された視線情報はリアルタイムで操作画面上に表示され、かつデータとして記録されるのが特徴である。

実験では、試験開始前にキャリブレーションを行った視線追跡システムで視線を記録し、記録用ビデオカメラ (HDR-CX675, SONY, Japan) を用いフレームレート 60 fps でポインティングを含む被験者全体の動きと眼球の動きを記録した。また、ポインティングに使用する指し棒も準備した。

実験方法の手順は以下のとおりである。失語症検査設問を検者が従来どおり読み上げるのを被験者が聴きとり、モニター提示された各検査項目の図版を視線と指し棒を用いたポインティングで回答を選択させた。視線回答としての凝視時間を、持続時間 100 ミリ秒以上の注視として定義した。視線追跡開始直後に検者が問題文を読み始め、問題文の読み終わりは動画データ内の音声の波形で確認した。被験者が視線と指し棒で回答する経過を視線追跡システムと記録用ビデオカメラで記録し、正解・不正解を従来どおりの方法で採点した。また問題文の読み始めの直前に開始する視線追跡システムの記録開始から読み終わるまでの時間、指し棒でポインティングを終えるまでの視線の動き、視線と指さし両者の選択回答、おのおの回答にかかる時間を記録した。これらのデータは被験者全体や眼球の動きを記録した動画と比較し矛盾がないか確認した。手が動き出すタイミングは被験者全体の動きを記録した動画内で確認し、後にポインティングする選択肢に向かって明らかに動き始めた時点に従来の SLTA

表 1. 出題一覧

| | | |
|-------------------|----------|-------------|
| SLTA 「1. 聴く」 | | |
| 1-1 | 単語の理解 | (10 問) |
| 1-2 | 短文の理解 | (10 問) |
| 1-4 | 仮名の理解 | (10 問) |
| WAB 「II. 話し言葉の理解」 | | |
| II-B 単語の聴覚的認知 | | |
| | 絵カード | (6 問) |
| | 図形 | (6 問) |
| | 文字 | (6 問) |
| | 数字 | (6 問) |
| | 色 | (6 問) |
| SLTA 補助検査 | | |
| (2) | はい-いいえ応答 | (8 設問, 4 題) |

SLTA, WAB, SLTA 補助検査から聴覚的理解を問う問題を選択し、テストを行った。

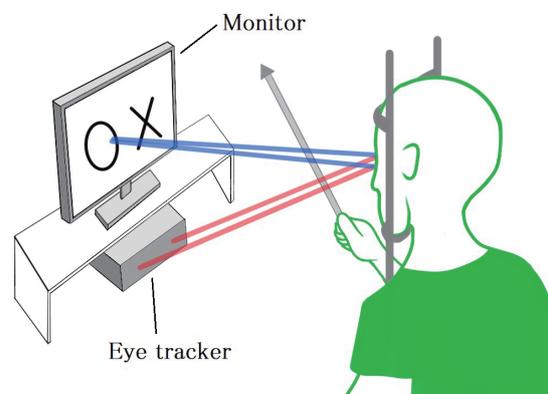


図 1. 検査の模式図

被験者はモニター正面に座し、頭部のブレを減らすためあご台に顔をのせる。視線はモニター下の視線追跡機が赤外線カメラで記録する。被験者は手に持った指し棒でポインティングをして回答する。

に準じて検者主観で判断した。さらにおのおのにかかった時間やタイミングは視線追跡データと動画データを同期させて分析し、視線データの経過時間とあわせて確認し動画のフレーム変化数をもとに算出した。

検討項目は、①すべての検査が終了するまでの失語症検査時間、②ポインティングによる回答と視線追跡システムによる回答の正答率、③問題文を読み終わってから手が動き出すまでの時間、④問題文を読み終わった時点とポインティングによる回答時間と視線追跡システムによる回答時間とした。

本研究は施設内の倫理審査承認を受けて実施した (秋田大学医学部附属病院 approval no. 2221)。

結果

本研究における失語症検査の平均検査時間は 9 分 51 秒 ± 1 分 41 秒 (mean±SD) で、ポインティングによる回答と視線追跡システムによる回答の正答率は両者とも 100% となり (表 2) すべて一致した。検査終了後に体調不良や疲労感などの合併症を認めなかつ

表 2. 回答方法ごとの正答率および参考とする従来の健常成人正答率

| | | 視線追跡 | 指し棒 | 対面方式 ^{*1} |
|-----------|--------|------|-----|------------------------|
| SLTA | 単語 | 10 | 10 | 10.0±0.2 |
| | 短文 | 10 | 10 | 9.5±0.8 |
| | 仮名 | 10 | 10 | 10.0±0.1 |
| WAB | | 30 | 30 | 59.9±0.3 ^{*2} |
| SLTA 補助検査 | はい-いいえ | 4 | 4 | 4±0 |

^{*1}文献 2, 3, 4 より, 健常人における正答率を抜粋.

^{*2}II-B 単語の聴覚的認知はもともと 60 問あるが, 本研究ではモニター表示可能な問題 30 問を選択しているため満点が異なる.

た. 問題文を読み終わってから手が動き出すまでの時間は平均 0.05±0.23 秒, 問題文を読み終わってからポインティングでの回答終了時間は平均 0.96±0.36 秒だった. 一方視線追跡システムでは回答終了時間は平均-0.39±0.21 秒となり, 問題文を最後まで聞き終わる前に回答を選択終了していた. 視線で回答を選択した後, 手が動き始めるまでの時間は平均 0.44±0.14 秒だった.

考察

本研究は, 新たに開発した視線追跡システムの feasibility study として, 健常人を対象に, 失語症検査 (SLTA, WAB, SLTA 補助検査) の聴覚的理解項目を実施し, 従来のポインティング方式の検査結果と比較した初めての報告である. 研究結果から, 視線追跡システムとポインティング方式の検査結果が同じであり, かつ回答終了時間が視線追跡システムで短いことなどが明らかになった.

失語症検査の聴覚的理解項目に関して, 健常者の SLTA 該当部分での平均得点 (正誤の 2 段階評価による) は, 検査マニュアルによると単語の聴理解 10.0±0.2 点, 短文の理解 9.5±0.8 点, 仮名の理解 10.0±0.1 点である. WAB では 60 点満点中 59.9±0.3 点 (30 点換算で 30.0±0.2), SLTA 補助検査では 4 対中 4±0 であった. 今回の実験では, 全被験者が聞き返しやヒントなしで全問正解しており, 視線追跡システムは健常人において失語症検査の聴覚的理解を評価するテストとして問題なく実施できることを示唆している. さらに重度の四肢麻痺を含む上肢運動障害がある患者など, 従来のポインティングによる失語症検査が実施できない被験者に対して, 視線追跡システムによる検査が可能になることが期待できる.

本研究では, 失語症検査回答時間に関して, 従来のポインティング方式より視線追跡システムのほうが短く, かつ検者が設問を読み終える前に回答を終えていることが明らかになった. Oyama らは, 視線追跡技術を認知機能検査に用い, 認知障害の迅速な評価と定量的スコアリングが可能で, 認知症患者の診断パフォーマンスに優れていたと報告している [11]. 本研究の対象は健常人であったため, 今後は失語症患者を対象にした検討により, 迅速な評価と定量的スコアリングが可能かや診断パフォーマンスに優れているかに関して明らかにしていきたい.

本研究の限界や今後の検討課題として以下の点があ

げられる. まず, 健常人を対象にしたが, 平均年齢 25 歳であり, 失語症患者の平均年齢相当と乖離がある点である. 今後, 高齢健常成人および失語症が疑われる患者での検討を進める必要がある. 次に, 実験設定である. 検査実施前に各被験者の体格等の異なる状況に合わせモニターと被験者の距離を最適になるよう設定しているが, 目前に図版がないのでポインティングするためにより時間がかかる可能性がある. そのため従来の検査方法に比し不利な条件でポインティングを行わなければならない可能性がある. 問題文を読み終わってから手が動き出すまでの時間および問題文を読み終わってから回答し終わる時間は, 今回正常と判断できる範囲内であり視線追跡とポインティングでの正答一致率の評価に関し影響はきわめて少ないと考えられたが, 今後はポインティングに最適化した条件で従来方式の検査を行った場合の各所用時間も検討していきたい. さらに, 眼球運動や視線の軌跡といったパラメータについても今後検討が必要である. 特に凝視を行うまでの選択過程やポインティング後の視線の移動については検討していないため, 今後検討を進めたい.

本研究では失語症検査の聴覚的理解領域の評価を行っているが, 検査室内にある家具・文房具・被験者自身の体のパーツといった実物を使って失語以外の障害 (失認など) を確認しながら回答させる設問はモニター表示のポインティングでは代替しえないため今回実施していない. よって視線追跡システムによる聴覚的理解領域の評価結果を失語症検査全体の中でどのように組み込んで利用していくべきかに関しても今後の検討が必要であろう. しかし, 今回開発した視線追跡システムを用いれば, 上肢運動障害を伴う失語症患者などの評価も可能になり, 臨床上的有用性が期待できる.

結論として, 健常人を対象にした検討により, 新しく開発した視線追跡システムで従来のポインティング方式と同等の失語症検査 (聴覚的理解項目) が実施可能であることを明らかにした. この結果は, 従来は評価困難だった重度の四肢麻痺を含む上肢運動障害患者などにも失語症検査を実施できる可能性を示唆しており, 臨床応用への検討を進めていきたい.

謝辞

本研究において多大なるご助力をいただきました秋田大学医学部附属病院リハビリテーション部千田聡明技師長, 畠山和利副技師長に深謝いたします.

文献

1. Berthier ML. Post stroke aphasia, epidemiology, pathophysiology and treatment. *Drugs Aging* 2005; 22: 163–82.
2. Yashima M, Sonoda N, Yamamoto H, Watamori T, Tanemura J, Seki K, et al. Survey on the Difficulty of Living for People with Aphasia. Tokyo: NPO Japan Aphasia Peer Circle; 2013. Japanese.
3. Yashima M, Sonoda N, Yamamoto H, Souma N, Kimura S. Questionnaire Survey on Employment of People with Higher Brain Dysfunction Including Aphasia. Tokyo: NPO Japan Aphasia Peer Circle; 2015. Japanese.
4. Yamaji C, Maeshima S, Nakagawa Y, Inamoto Y, Watanabe M, Sonoda S. A method for not missing patients with mild aphasia in the rehabilitation hospital. *Jpn J Stroke* 2018; 40: 255–9. Japanese.
5. The Japanese Stroke Society. Japanese Guidelines for the Management of Stroke 2021. Tokyo: Kyowa Kikaku; 2021. Japanese.
6. Japanese Society for Higher Brain Dysfunction. The Standard Language Test of Aphasia. Manual of Directions. Tokyo: Shinko Igaku Shuppannsya; 1997. Japanese.
7. WAB Aphasia Test Construction Committee. The Japanese Version of the Western Aphasia Battery. Tokyo: Igaku-Shoin Ltd; 1986. Japanese.
8. Japanese Society for Higher Brain Dysfunction. Supplementary Tests for Standard Language Test of Aphasia (SLTA-ST) Manual. Tokyo: Shinko Igaku Shuppannsya; 1999. Japanese.
9. Fujioka T, Inohara K, Okamoto Y, Masuya Y, Ishitobi M, Saito DN, et al. Gazefinder as a clinical supplementary tool for discriminating between autism spectrum disorder and typical development in male adolescents and adults. *Mol Autism* 2016; 7: 19.
10. Maruta J, Tong J, Lee SW, Iqbal Z, Schonberger A, Ghajar J. EYE-TRAC: monitoring attention and utility for mTBI. *Proc SPIE* 2012; 8371:83710L.
11. Oyama A, Takeda S, Ito Y, Nakajima T, Takami Y, Takeya Y, et al. Novel method for rapid assessment of cognitive impairment using high-performance eye-tracking technology. *Sci Rep* 2019; 9: 12932.