

201317039A

平成25年度厚生労働科学研究費補助金
(障害者対策総合研究事業(感覚器障害分野))

次世代視覚障害者支援システムの実践的検証

(H25-感覚-一般-005)

総括研究報告書

研究代表者 仲泊 聡

平成26(2014)年3月

平成25年度厚生労働科学研究費補助金
(障害者対策総合研究事業(感覚器障害分野))

次世代視覚障害者支援システムの実践的検証

(H25-感覚-一般-005)

総括研究報告書

研究代表者 仲泊 聡

平成26(2014)年3月

目次

厚生労働科学研究費補助金研究報告書概要	001
平成25年度 総括研究報告書	
I. はじめに	003
II. アクティブ視野計の作製	007
III. ファーストステップの改良	015
IV. ナレッジバンクの強化	017
V. 研究成果	021
資料	
資料1 視覚障害程度を推定する指標としての周辺視の再考 仲泊 聡 『あたらしい眼科』	023
資料2 視線視野検査における至適視標提示時間 仲泊 聡, 古田 歩, 堀口 浩史, 久保 寛, 西田 朋美, 岩波 将輝, 林 知茂, 小川 景子, 宮内 哲.	031
資料3 アクティブ視野アンケート用紙	048
資料4 中間型アウトリーチ支援の実施状況 — 眼科医療機関 — 西脇 友紀, 仲泊 聡, 西田 朋美, 岩波 将輝. 『視覚リハビリテーション研究 2014』	051
資料5 中間型アウトリーチ支援の実施状況 — 視覚リハビリテーション施設 — 西脇 友紀, 仲泊 聡, 西田 朋美, 岩波 将輝. 『視覚リハビリテーション研究 2014』	058
資料6 一般向け成果発表会報告書	065

研究代表者

仲泊 聡 (国立障害者リハビリテーションセンター)

研究分担者

西田 朋美 (国立障害者リハビリテーションセンター)

岩波 将輝 (国立障害者リハビリテーションセンター)

宮内 哲 (独立行政法人 情報通信研究機構)

小川 景子 (広島大学大学院総合科学研究科)

研究協力者 (敬称略・順不同)

林 知茂 (国立障害者リハビリテーションセンター)

堀口 浩史 (東京慈恵会医科大学)

小林 章 (国立障害者リハビリテーションセンター)

三輪 まり枝 (国立障害者リハビリテーションセンター)

西脇 友紀 (国立障害者リハビリテーションセンター)

山田 明子 (国立障害者リハビリテーションセンター)

小松 真由美 (国立障害者リハビリテーションセンター)

久保 明夫 (国立障害者リハビリテーションセンター)

中西 勉 (国立障害者リハビリテーションセンター)

久保 寛之 (神奈川リハビリテーション病院)

古田 歩 (前田眼科)

厚生労働科学研究費補助金研究報告書概要

厚生労働科学研究費補助金研究報告書概要

【目的】

本研究の目的は、平成22-24年度研究にて提唱したファーストステップと中間型アウトリーチ支援を中軸とする視覚障害者に対する次世代支援モデルとなりうる「視覚障害者支援のあり方モデル」を実践的に検証することである。ファーストステップは、インターネットで約20の質問に答えることで支援ジャンルの要不要が明示され、ここからナレッジバンクへのリンクが示されるもので、同時に視覚障害者のマクロな実態とニーズが調査可能となるソフトのことである。また、ナレッジバンクは、視覚障害者支援関連用語解説および相談窓口連絡先リストが系統的に記載されるホームページのことである。そして、中間型アウトリーチ支援とは、通所型と訪問型（アウトリーチ型）の中間的方法で、当事者が日常通う施設（一次支援者）に視覚障害者支援の専門家（二次支援者）が訪問し相談・支援を行うことである。前述の研究で確認できた最大の問題は、視覚障害者特性は個人差が大きく、現行の評価法だけの類型化が困難であることであった。これを打開し支援ソフトを改良するために、視線を分析し視野を推定する装置（アクティブ視野計）を開発し、その知見を視覚障害評価へ応用することを提案した。したがって、本年度における最重要課題は、この装置を完成しデータを収集することにある。

【方法】

本年度は、以下の三点について研究を進めた。

- 1) アクティブ視野計の作製：市販の視線観測装置と必要なソフトウェアの開発により視線計測を基にした視野解析システムを構築する。
- 2) ファーストステップの改良：対象を稼働期と老年期を分けたアルゴリズムに変更し、アンケート文内の表現を適正化し、一般の使用に適するようにフロントページの注意書きなどを整える。
- 3) ナレッジバンク強化：項目の加減、文言修正のみならず、外部リンクの多用と音声パソコン用のスクリーンリーダーへの対応を含むホームページの改変を行う。

【結果】

- 1) アクティブ視野解析システムのための視覚刺激生成、視線計測機操作および視野解析のための3種のソフトウェアを開発し、健常者に対して実験を行い、800ms程度が至適視標提示時間であることを決定した。また、実際に視野狭窄患者についての計測を試行した。
- 2) ファーストステップの改良によって、入力変数の数を約30から20へ減少させてもほぼ同等の正答率が得られるものになった。このため、それに要する時間の短縮がはかられた。
- 3) ナレッジバンクの内容改訂と啓発活動により、アクセス数が1年間で倍増した。

【考察】

- 1) アクティブ視野の定位精度の向上、選択的な刺激特性の同定および定量性についての検討が望まれた。
- 2) 視野狭窄患者のアクティブ視野と日常生活動作に関するデータを蓄積することで、これらの相関からファーストステップの新たな質問項目を見いだすことが今後の課題である。
- 3) 今後もナレッジバンクにおける外部リンクのさらなる充実と定期的な内容更新のできるシステム作りが望まれる。

平成25年度 総括研究報告書

- I. はじめに
- II. アクティブ視野計の作製
- III. ファーストステップの改良
- IV. ナレッジバンクの強化
- V. 研究成果

I. はじめに

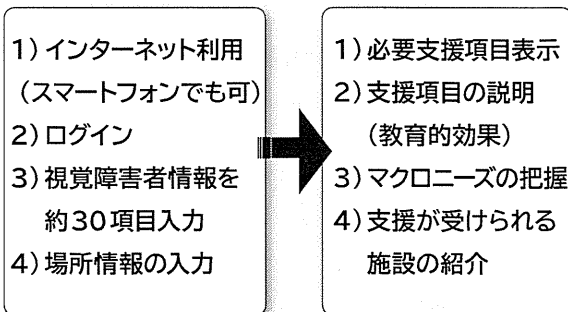
- 1. 現在までに行った研究
- 2. 国内・国外の他の研究と残されている部分
- 3. 本研究の全体像
- 4. 文献

1. 現在までに行った研究

我々は、平成22年度からの3年間、研究課題名『総合的視覚リハビリテーションシステムプログラムの開発 (H22-感覚一般-005)』において、視覚障害者を対象としたアンケート調査を行い、支援サービスに繋げるソフトウェア『ファーストステップ(図I-1)』を開発した。そして、『ファーストステップ』と『中間型アウトリーチ支援(図I-2)』を中核とした次世代の『視覚障害者支援のあり方モデル(図I-3)』を提案した¹⁾。これらの一連の研究成果の中で特筆すべき点として、視覚障害者のADLやQOLにとって「視力」よりもむしろ「視野」が大きく影響していることを明らかにした²⁾。すなわち、視覚関連に限定した項目の解析から視覚に強く関連する3つの主要因子を推定した(図I-4)。第一因子は、良いほうの眼の矯正視力と視野インデックスの両方が共有する因子で、第二因子は、視力に固有の因子であった。また、第三因子は視野に固有の因子であった³⁾。この第三因子

は、「左右どちらか横にある物に気づくのどの程度困難が有りますか」と「ふだん道を歩くとき、まわりのものに気がつかないことがありますか」という質問項目との相関が高く、周辺視野における空間認知との関連が強く示唆された。しかし、従来の眼科での視野検査は、(1)一点を固視した状態で標的刺激の有無を検出するパッシブな視野しか測定できない、(2)刺激の検出を押しボタンで報告するため、被験者の恣意的・意図的な要素が入りやすい、という問題があった。実生活では周辺視野にある対象を最も空間解像度が高い中心窩で捕らえるために眼球は頻繁に動いている。われわれは実生活により近い状態で、被験者の恣意的・意図的な要素が混入しにくい視野計測による視機能評価が視覚障害者支援にとって重要であると考え、眼球運動による視野測定の原理⁴⁾を用いた眼電図による視野測定を行った。その結果、従来の視野検査の結果とは明らかな解離(図I-5)が認められた⁵⁾。しかしながら、眼電図では正確な視線の計測が困難で、電極の装着の手間等、臨床検査としては問題があり、新たに非接触で高精度に視線方向を記録して能動的な眼球運動を伴う視野を計測するシステムの開発が必要であるとの結論に至った。

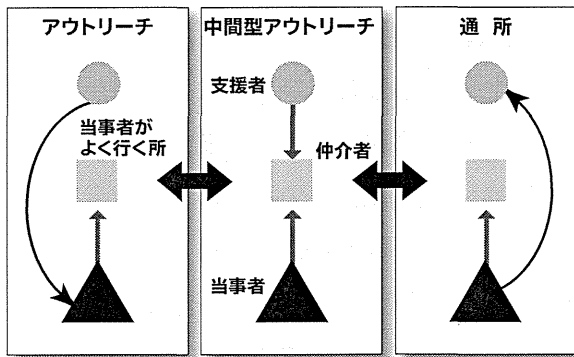
視覚障害連携システム『ファーストステップ[※]』



※平成22-24年度厚労省科学研究費成果物

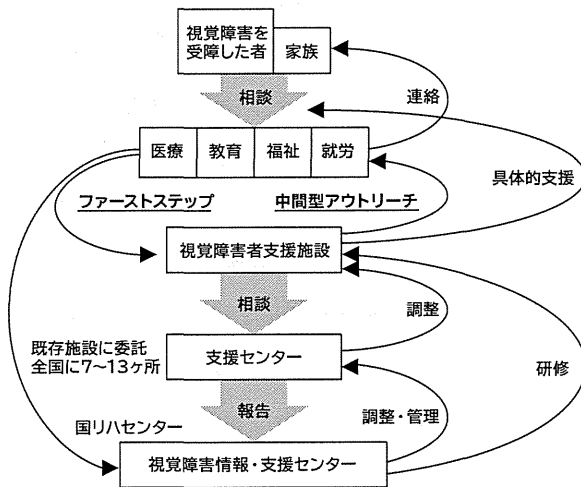
図I-1 ファーストステップ(文献1)

中間型アウトリーチ支援



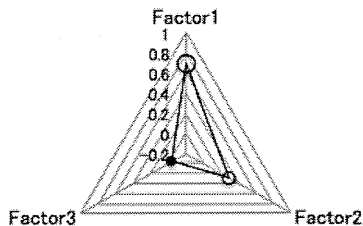
図I-2 中間型アウトリーチ支援 (文献1)

視覚障害者支援のあり方モデル

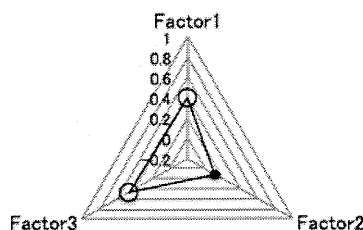


図I-3 視覚障害者支援のあり方モデル (文献1)

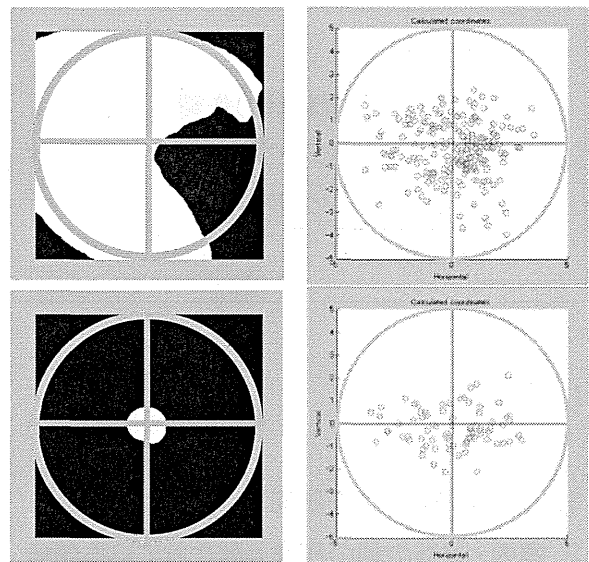
良いほうの眼の矯正視力



求心性狭窄の視野インデックス



図I-4 良いほうの眼の矯正視力と視野インデックスの3因子重回帰分析結果 (文献3より改変)



図I-5 視野障害患者の眼電図による視線計測に基づく視野評価 (文献5)

2. 国内・国外の他の研究と残されている部分

『ファーストステップ』は、国内外を通して類がなく、今後のわが国の視覚障害者支援に資するものとして期待できる。しかし、その内容の充実が望まれるとともに、周知をはかることでより多くの利用を促す必要がある。また、当初からの予定であった自己最適化機能が未だ実現できていない。そして、あり方モデルは実現可能性を実証する必要がある。

一方、視線計測に基づく視野に関連した研究としては、フィンドレイらによる、眼球運動に伴って生じる日常生活に必要な総合的な視覚「アクティブ・ビジョン」の存在の指摘がある⁶⁾。彼らはこれまでの視覚研究が条件統制を求めあまりに眼球運動と視覚を切り離して行ってきた結果、日常生活で我々が使用する視覚の本質を見過ごしてきた可能性を指摘している。また、Yoshidaらは、従来の視野検査法では測定不能な膝状体外路系^{*}による「無意識の視覚」が存在することを明らかにした^{7,8)}。これらは

いずれも、従来のパッシブな視野計測では明らかにされなかった「意識されない視覚」が、日常生活に大きく関わっていることを示している。我々は、このような能動的な眼球運動を伴う視野計測によって明らかになる視機能を「アクティブ視野」そしてその計測装置を「アクティブ視野計」と命名した。

現在までに、アクティブ視野が視覚障害者の日常生活にどのような影響をもっているかについて検討し、視野障害のより正しい理解と視野狭窄患者の社会参加促進にむけた研究はまだない。我々が調べた範囲では、アクティブ視野計測は、主に幼児や知的障害を有する者の視野計測を目的としたものが主で⁹⁻¹³⁾、その中で本研究の目的に最も有効と考えられるものはMurrayらによるSaccadic vector optokinetic perimetry (SVOP)¹²⁾であった(図I-6)。彼らの方法は、非接触型の視線視野計を用いて行うものであったが、固視点をその都度設定し直すという点で非日常的な要素が強い点、主な対象を幼児や知的障害者に行っている点で我々の研究にそのまま活用するには不十分であった。

※ 膝状体外路系

視覚情報は、網膜、外側膝状体、一次視覚野を通る膝状体路系のほか、これと並行して外側膝状体を經由しない膝状体外路系でも処理されている。しかし、膝状体外路系での知覚は通常は意識には上らない。従来の視覚研究の99%は膝状体路系の研究であった。膝状体外路系は小さな神経核が多く、研究が進んでいないが、膝状体外路系が関与する反射的な制御が各種行われているため、これらに注目した計測を加えて行うことにより、視覚障害者のADL、QOLをより正確に推定することができると思われる。

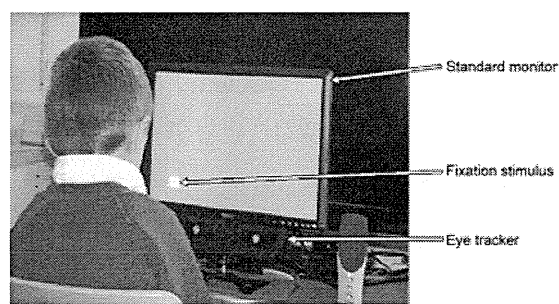


Figure 1. Saccadic vector optokinetic perimetry (SVOP) system during a visual field test.

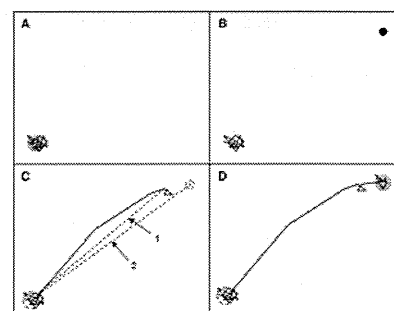


Figure 2. Visual field points being tested and seen. The gaze points change every 20 ms (solid line). A. The subject fixates on a fixation stimulus. B. The stimulus is displaced corresponding to a visual field point. C. Change in fixation is detected (dotted line) and compared with the quantified change in result (dashed line). D. New fixation stimulus is displaced back to repair the position.

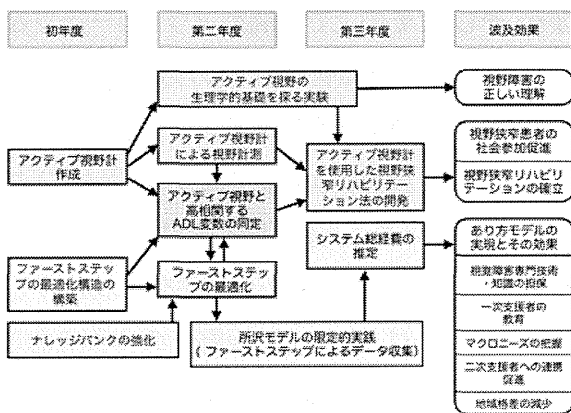
図I-6 Saccadic vector optokinetic perimetry (SVOP) (文献12のFig1とFig2)

3. 本研究の全体像

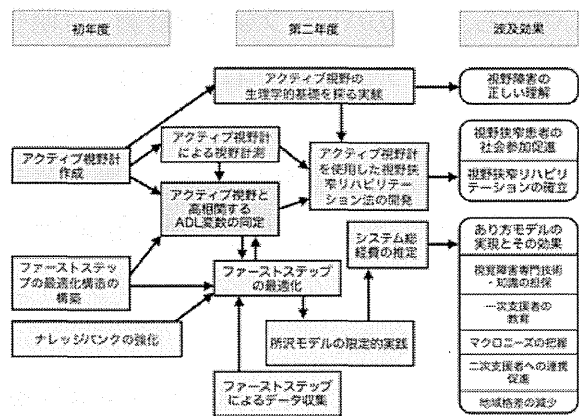
本研究の目的は、先行研究で得られた「視覚障害者支援のあり方モデル」の実践を通して検証することにある。アクティブ視野計を開発し、これによって得られる新しい観点での視覚障害の機能評価のデータを加味することで、ファーストステップを改良することが本研究の根幹となる。そして、その上で中間型アウトリーチ支援を実践し、「視覚障害者支援のあり方モデル」の効果を実証する予定である。

本研究は、当初3年計画であった(図I-7)が、2年でとりまとめる方針(図I-8)に変更された。そのため、研究計画に若干の変更を行った。アクティブ視野では、初年度に視野計の作製を急ぎ、アクティブ視野と高相関するADL変数の同定を目指して患者によるアクティブ視野計測とこれに関連するアンケートを開始した。第二年度に

は、これらの継続とともに、新たにアクティブ視野の生理学的基礎を調べる実験、アクティブ視野計を使用した視野狭窄リハビリテーション法の開発を行う予定である。また、ファーストステップの改良については、初年度に先行研究で指摘した改善法として、65歳未満と60歳以上の二群に分けた解析に基づく年齢別の新アルゴリズムの導入を行い、実際に使用するためのホームページ上の整備を急ぎ、使用を一般に開放するとともに、その使用を促す広報活動を行った。同時にナレッジバンクに関するワーキンググループによる検討を重ね、内容の充実とアクセシビリティの改善を図った。また、中間型アウトリーチ支援について支援をすでに行っている眼科医療機関と福祉施設に対してアンケート調査を行い、その問題点を整理した。そして、第二年度は、所沢モデルの限定的実践を行い、あり方モデルのシステム総経費の推定を行う予定である。ファーストステップによるデータ収集については、時間的制約により、我々の実践する中間型アウトリーチ支援によるのではなく、支援者へのファーストステップの使用を依頼することで補うことを考えている。



図I-7 流れ図(厚労科研申請書から)



図I-8 流れ図(二年目の改変バージョン)

4. 文献

- 1) 仲泊聡, 西田朋美, 飛松好子, 小林章, 吉野由美子, 小田浩一, 神成淳司. 総合的視覚リハビリテーションシステムプログラムの開発 (H22-感覚一般-005). 平成22年-24年度厚生労働科学研究費補助金事業総合研究報告書. 2013
- 2) 仲泊聡, 他. 視覚障害者の行動特性からみたヒト視機能の本質. VISION 24 (抄録); 119-120, 2012
- 3) 仲泊聡. 視覚障害程度を推定する指標としての周辺視の再考. あたらしい眼科 印刷中資料1
- 4) 永田啓. 眼球運動による視野測定. 眼科プラクティス15: 376, 2007
- 5) 仲泊聡, 他. 衝動性眼球運動による視野検査法. 日眼会誌 114 (抄録):322, 2010
- 6) J. M. フィンドレイ, 他. 本田仁視監訳. アクティヴ・ビジョン. 北大路書房, 京都. 2006.
- 7) Isa T, Yoshida M. Saccade control after V1 lesion revisited. Curr Opin Neurobiol 19(6): 608-14, 2009.
- 8) Kato R, Takaura K, Ikeda T, Yoshida M, Isa T. Contribution of the

retino-tectal pathway to visually guided saccades after lesion of the primary visual cortex in monkeys. Eur J Neurosci. 33(11): 1952-60, 2011.

- 9) 普天間稔. 心身障害児の視野検査の試み. 日眼会誌81: 1539-1548, 1977.
- 10) 片桐和雄 小児及び障害児の視野計測 金沢大学教育学部紀要, 25: 29-38, 1976.
- 11) 中島和夫, 片桐和雄, 松野豊. 知能障害児の反射的眼 球運動と他覚的視野測定を試み 特殊教育学研究, 15: 14-21, 1977.
- 12) Murray IC, Fleck BW, Brash HM, Macrae ME, Tan LL, Minns RA. Feasibility of saccadic vector optokinetic perimetry: a method of automated static perimetry for children using eye tracking. Ophthalmology 116: 2017-2026, 2009.
- 13) 中野泰志, 新井哲也, 永井伸幸, 井手口範男. 眼球運動を指標とした視野測定方法の検討 ヒューマンインタフェースシンポジウム 2007論文集: 709-714, 2007.

II. アクティブ視野計の作製

1. 目的
2. データの取得
3. データの解析1: 急速眼球運動の検出
4. 視覚刺激の生成
5. データの解析2: 視野表現
6. アクティブ視野の実例
7. 今後の課題
8. 文献

1. 目的

視線移動の観測データを分析し、視野を推定する原理¹⁾に基づく、眼球運動に伴う総合的な視覚の有効範囲(アクティブ視野)を測定する装置を我々はアクティブ視野計と命名した。今回我々は、市販の非接触型ビデオベース視線観測装置(SensoMotoric Instruments社製RED、以下、SMI RED)で得られたデータを用いて視野結果を得る視野化プログラムを開発することにより、アクティブ視野計を作成する。そして、正常ボランティアと視野狭窄患者を被験者として視野計測を行い、得られたデータから改良点について検討する。

2. データの取得

120HzでサンプリングされたSMI REDからのデータは、視線が向いていると思われるコンピュータ画面上のxy座標値として得られる。SMI REDでは、両眼のビデオ映像の角膜輪郭と照射赤外線線の角膜反射光の位置関係から視線を瞬時に計算する。今回使用した機種では、両眼データからの推定が基本プログラムとなっており、片眼を遮蔽した場合や、片眼であっても角膜形状が著しく損なわれた被験者からのデータを得ることはできない。また、既成の基本プログラムでは、測定に先立つキャリブレーションのため、あらかじめ決められた4カ所の小さな黒点を凝視する課題があり、これを施行できないほどの低視力の患者を被験者とするときには工夫が必要となる。我々は、低視力患者データを得られるようにし、基本的な視線評価の精度をさらに向上させるために、既成のキャリブレーションに加えて独自の再補正プログラムをシステムに組み込んだ。これは、既成のキャリブレーション後に再度4カ所の点を凝視させ、単純な平行移動

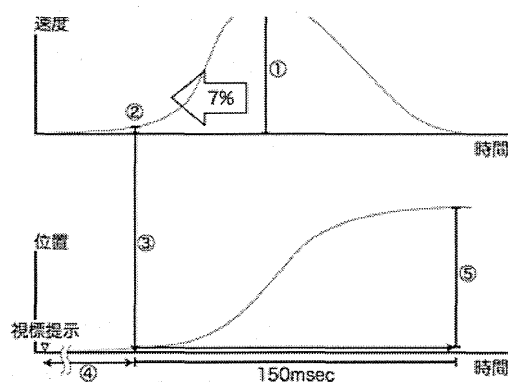
による再補正を行うものであるが、視標を自由にカスタマイズできるため、被験者の視機能に合わせて大きくしたり、十字線にしたりすることができる。既成のプログラムはキャリブレーションを行わないと計測が始まらないようにできているため、これができない低視力患者に対しては、まず、健常者が仮の被験者となって既成のキャリブレーションを行い、次に被験者を低視力患者にすり替えて、患者に適合した視標での再補正を行う。こうすることにより、中心暗点などで視力が極めて低下している患者に対しても精度の良い視線計測を行うことができる。このような一連の準備と視線計測は、市販機に付属するコンピュータとLANで結ばれた別のコンピュータにより制御し、得られたデータはリアルタイムでこのコンピュータに転送され、記録された。

3. データの解析1: 急速眼球運動の検出

最初に行うべき解析は、得られた位置データから、視標を目で追いかけたときの急速眼球運動を検出することである。急速眼球運動は、一般に30~800度/秒の最大速度を有し、運動時間は20~140msec、その振幅は0.5~40度と言われている²⁾。したがって、得られた膨大な量の位置データの時間的に隣り合った数値の差分からこの速度を割り出し、予め規定した速度を越える部分を検出することで急速眼球運動がどこで生じているかを判定する。しかし、急速眼球運動の最大速度には大きな揺らぎがあるため、この下限と上限を解析時に事後規定できるようにプログラムした。下限を遅くしすぎるとノイズも多くなり、また、800度/秒以上の速度になると、計測上のアーチファクトとしてのノイズが瞬目などを原因として混入することも

少なくない。そこで、今回は試行錯誤の末、下限を120度/秒、上限を800度/秒とした。

次に急速眼球運動の振幅を決めるために、その起始点と終点を規定しなければならない。今回、起始点は最大速度を観測した時点から遡って、その7%の速度を有した時点での座標とし、終点はそこから150msec経過した時点における座標とした。よって急速眼球運動の振幅はこれら2つの視線位置の間の距離によって計算された(図II-1)。そして同時にその向きについても評価し、この距離と向きからなる極座標によって、アクティブ視野の基本となる視野座標を規定した。また、刺激提示開始時点と急速眼球運動の起始時点までの時間を急速眼球運動の潜時と規定した。



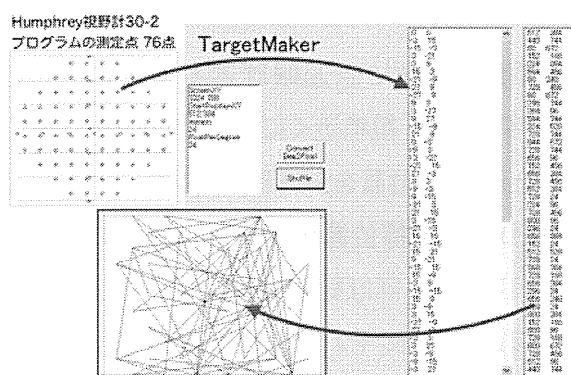
図II-1. 急速眼球運動の同定とその潜時と振幅

最大視線移動速度①が120~800deg/secの場合を急速眼球運動とする。最大視線移動速度の時点から遡ってその7%②になる時点③の位置を起点とし、視標提示から起点までの時間を潜時④とした。また、起点から150msec後の位置を終点とし、起点から終点までの距離⑤を振幅とした。

次に、視線が視標を捉えたことの定義を行った。すなわち、視標の座標と視線推定座標との距離が一定値以下になったとき、視線が視標を捉えたと判断した。今回は、半径30度の視野を測定することを想定し、その8分の1にあたる3.75度をこの値とした。

4. 視覚刺激の生成

視標は、汎用視野検査に似え白色の円形刺激とした。背景輝度も、汎用視野計の1000asb (約 318cd/m²) とし、視標輝度もこれに倣って設定した。刺激位置は、わが国で最も頻繁に使用されている Humphrey 視野計の 30-2 プログラムの測定点 76 点に相当する視野部分に提示されるように設計した。通常の視野計とは異なり、アクティブ視野計の場合は、固視点が中央にあるのではなく、視標が次々に別の場所に提示され、そのたびに視線を変換していきながら視野を全体的に刺激することが要求される。そして、コンピュータ画面の提示範囲が限られているため、視標の提示位置は単純にランダムな場所に出せばよいというわけにはいかなかった。そこで我々は、限られたスクリーン上に予定された範囲を刺激できるように視標位置とその順番を決定するソフトウェア (TargetMaker) を開発した (図II-2)。そして、規定した輝度と大きさの円形視標を提示するとともに、TargetMaker によって得られた座標に則って視線計測機を制御するソフトウェア (Active FieldAnalyzer) を開発した。



図II-2. TargetMakerによる視標位置の決定
提示用スクリーンの情報と目標とする計測点へのベクトルを入力し、視標位置とその順番を出力する。

5. データの解析2: 視野表現

1) アクティブサッケードマップ

得られたデータから視野表を描画するための解析用ソフトウェア (GazeReader) を開発した。まず、前述の方法で急速眼球運動を検出し、i) 刺激提示後100~500msecの間にこの急速眼球運動の起始が生じているかについて判定した。そして次にii) その急速眼球運動の終点における視線と刺激となった視標の距離を計算し、これが任意の距離 (今回は3.75度に設定) 以内であるかどうかを判定した。これらの操作により、i) から視標に誘発された眼球運動であるかどうかを、ii) から視標を捕らえた眼球運動であるかどうかの判定を行い、観測された急速眼球運動を反応タイプにより以下のように分類した (表II-1)。

- 視標に誘発され視標を捕らえた急速眼球運動 (iとiiの両者に当てはまる場合)
- 視標が出現してすぐには向かわなかったものの結果的に視標を捕らえた急速眼球運動 (iiには当てはまらないがiに当てはまる場合)
- 視標の出現に誘発されて生じたものの視標を捕らえることはできなかった急速眼球運動 (iiに当てはまるがiには当てはまらない場合)
- 視標とは無関係な急速眼球運動 (iとiiの両者に当てはまらない場合)

これらの眼球運動のうち、視標を捕らえたaとbをアクティブサッケードと命名し、これらの眼球運動のベクトルを元に視野表を描画したものをアクティブサッケードマップとした。アクティブサッケードマップでは、視標提示直後に動いたaを黒丸で、視標提示直後には動かなかったbを白丸で区別して表示した。まさに視標が見えて目を動かしてそれを捕らえた場合はaである。

それに対し、一度見失った後に目を動かして探していたところ気がついて見たという場合はbになる。したがって、これもまた見えた範囲を推測するための視標ということができる。その一方で、cとdについては、視標を捕らえていない急速眼球運動である。見えていた視標の位置が変わり、見失った後にすぐに目を動かしたものの発見できなかったという場面ではcになろう。これは見えたということの確実な根拠とはならないが、何か気配を感じて比較的近くを見たという場合はこれに含まれる。アクティブサックードマップではaとbに限定して結果を表示した。

表II-1 反応タイプによる急速眼球運動の分類

	視標提示直後に動いた (視標の出現に誘発された)	視標提示直後は動かなかった (視標の出現とは無関係)
視標近くに視線を向けた (視標を捕らえた)	a	b
視標近くに視線を向けなかった (視標を捕らえなかった)	c	d

2) SPTPマップ

急速眼球運動前の視線位置を中心として周辺視野上に出現した新しい視標を知覚できた場合、その新しい視標が出現してすぐに急速眼球運動が生じる。したがって、この位置関係を示すベクトル(視標位置と視線位置の差)をマップとして示せば、従来の視野検査に類似した知覚に基づいた視野表を作成できるはずである。この視標提示後すぐに急速眼球運動を生じさせた視標の位置ベクトルをサックード誘発視標位置

ベクトル(Saccade-Provoking Target-Position、以下、SPTP)と定義し、すべての視標提示におけるSPTPを座標表示したものをSPTPマップと命名した。なお、SPTPを計算するために使用された急速眼球運動は、視標提示後規定された期間内に起始をもつもののうち、最初に生じたものに限定した。したがって、提示された視標の数と同数のSPTPが評価された。SPTPの反応タイプによる分類を表II-2に示す。表II-1に示した急速眼球運動の分類と似ているが、こちらは眼球運動のベクトルではなく、眼球運動を誘発した視標位置であることに注意してほしい。

表II-2 反応タイプによるSPTPの分類

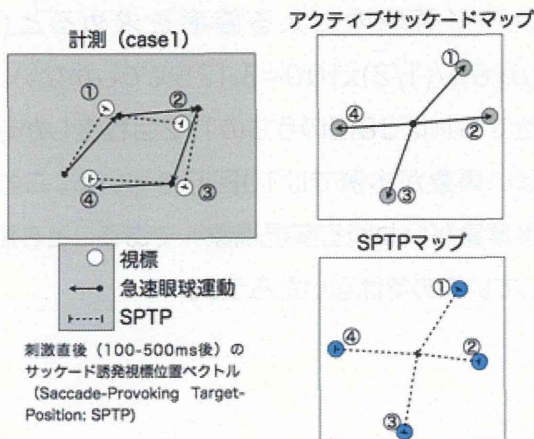
	視標提示直後に動いた (視標の出現に誘発された)	視標提示直後は動かなかった (視標の出現とは無関係)
視標近くに視線を向けた (視標を捕らえた)	SPTP_in	SPTP陰性
視標近くに視線を向けなかった (視標を捕らえなかった)	SPTP_out	

視標提示直後に急速眼球運動を生じさせたSPTPのうち、視標近くに急速眼球運動の終点があった視標位置をSPTP_in、視標近くに終点なかった視標位置をSPTP_outと命名した。SPTP_inは、ほぼ確実に見えている視野部分であるといえる。それに対し、SPTP_outは、その捕獲誤差により、もう少しでSPTP_inにもなりうるものと全くいい加減な位置に向かって、タイミングだけが合って動いたものが混在する。

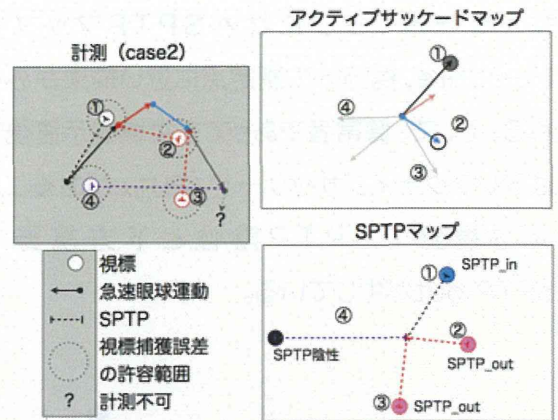
したがって、SPTP_outで示された部分は、従来の視野計で示される暗点の部分を含んでいると考えられる。一方、視標提示後に急速眼球運動が記録されなかった視標の位置をSPTP陰性と命名した。SPTP陰性の意味するところは、①視標が提示されても規定時間内じっとして動かなかった②視標が提示された後、急速眼球運動の規定にのらない極めて緩徐な眼球運動または極端に速い眼球運動が生じた③瞬目などの原因で測定器が眼球を認識せずデータが欠損した場合のいずれかであると考えられる。

3) アクティブサッケードマップとSPTPマップの違い

視標に正確に視線を向けることのできる被験者では、アクティブサッケードマップとSPTPマップの違いはわずかであるが、後者の方が固視点を設定する従来の視野計による計測点に近い(図II-3)。一方、視標に視線をうまく向けることのできない被験者では、両者の差が大きなものとなる(図II-4)。



図II-3. 視標に正確に視線を向けることのできる被験者 (case1) におけるアクティブサッケードマップとSPTPマップの違い



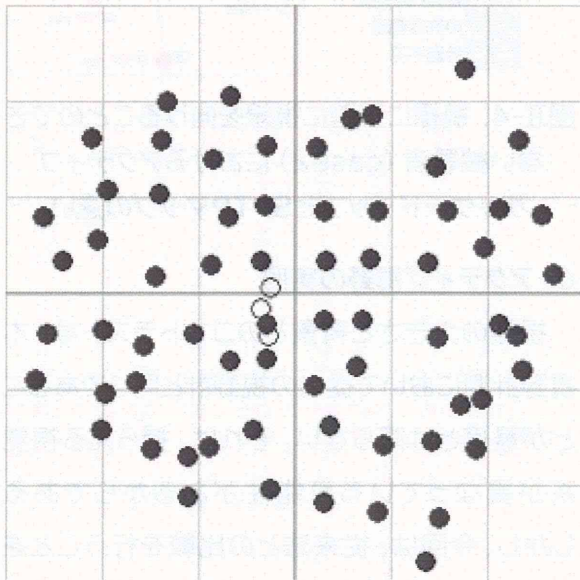
図II-4. 視標に正確に視線を向けることのできない被験者 (case2) におけるアクティブサッケードマップとSPTPマップの違い

6. アクティブ視野の実例

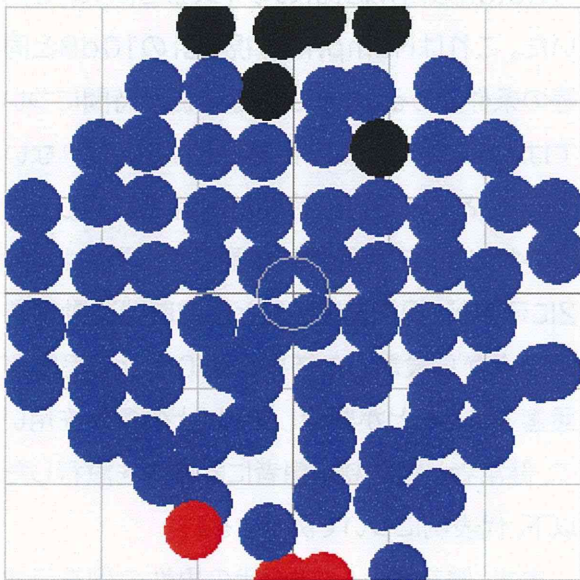
視標の大きさや背景とのコントラストは、本視野計測において従来の視野計と同じであることが最適とは限らない。それは、捕らえる視覚系が異なっている可能性があるからである。しかし、今回は、従来法との比較を行うことを目的として、背景輝度と視標輝度・サイズを従来のものと揃えて検査を行った。すなわち、背景輝度1000asb、視標輝度2000asb (増分は1000asb)、視標サイズ直径0.43度 (Goldmann視野計のサイズⅢと同大) を用いた。これはHumphrey視野計の10dBと同等の条件である。ただし視標の提示時間については、方法論的に従来視野計とは揃えられない。そこで、どのくらいの時間が本計測に適しているのかについて実験的に検討した。詳細は資料2に示すが、視標捕獲精度と急速眼球運動潜時の観点から検討した結果、800msec程度が最適であることが判明した。以上の条件を用いて、健常者と視野狭窄患者に本検査を試行した。以下、代表例について例示する。

まず、健常者として50代の男性の例を示す。各マップの格子は視角10度を表す。アクティブ

サッケードマップに比べSPTPマップでHumphrey視野計の測定点に近い結果がみられる。そして、健常者であっても視標提示直後ではないアクティブサッケード（白丸）があること、上方視野でSPTP陰性と下方視野でSPTP_outが生じている。

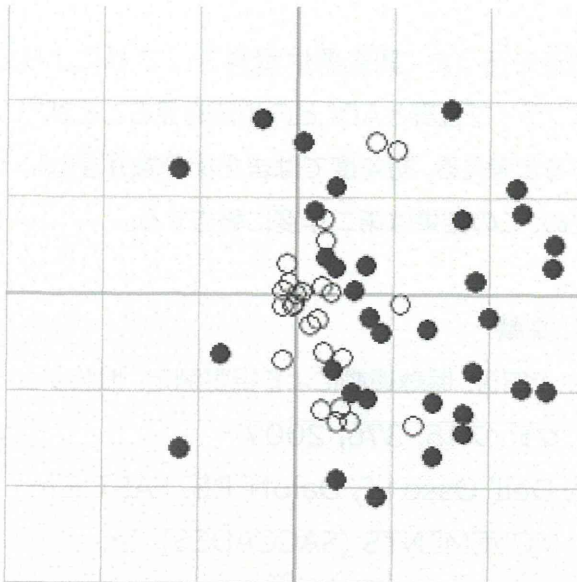


図II-4-1. 健常者のアクティブサッケードマップの例

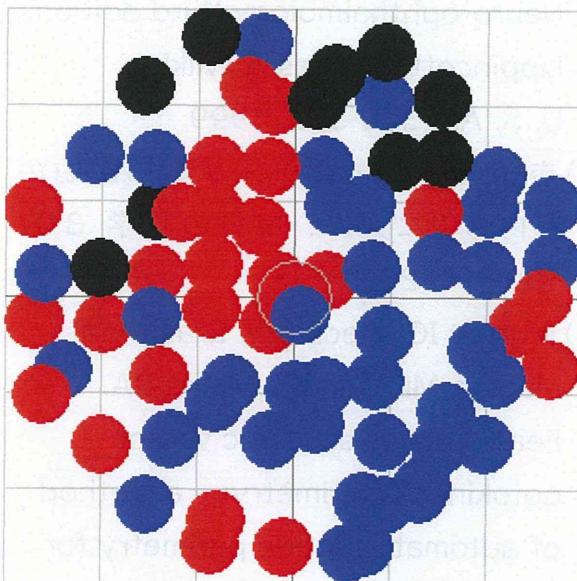


図II-4-2. 健常者のSPTPマップの例

次に、患者例として脳出血で黄斑分割のある左同名半盲をきたした20代の女性の例を示す。アクティブサッケードマップでは、左視野内へのアクティブサッケードが著しく減少している。健常者でもわずかにみられている視標提示後500msec以降に生じたアクティブサッケード（白丸）が患者例では非常に多いことがわかる。これは、健常者でも言えることであるが、視標を探索する際の急速眼球運動の視線の修正に関わる動きであり、修正サッケードと呼ばれる眼球運動を捕らえているものと考えられる。一方、SPTPマップでは、従来の視野検査（Goldmann視野検査とHumphrey視野検査）では、全く反応のみられない左視野内の反応をみることができる。その多くは、視標の出現に合わせて眼球運動が生じていた。これは、視標を探索する際に、視野内から消えたと自覚し、すぐに左視野を探索するというストラテジーを患者が用いていたという報告と一致する。それでも、左視野38測定点中の10点には正確に視線が向いている。30度以内の左半視野内にランダムに視線を動かし、たまたま半径3.75度の円形領域内に入る確率を求めると $(1/(8 \times 8)) / (1/2) \times 100 = 3.125\%$ でしかない。偶然であれば38回のうちの1、2回程度しか起きない事象が本例では10回起きている。これは、本事象がいわゆる盲視現象³⁾であることを意味しているのではないだろうか。



図II-4-3. 左同名半盲患者のアクティブサッケードマップ



図II-4-4. 左同名半盲患者のSPTPマップの例

7. 今後の課題

1) 測定点の定位精度向上

今回の我々の手法は、基本的にはMurrayらが提唱するsaccadic vector optokinetic perimetryの手法⁴⁾と類似しているが、彼らの手法がその都度固視点を用意するのに対し、我々の手法では視標がそのまま、次の視標の固視点になる。その点で、検査時間は固定され、被

験者への負担が軽減できる。しかし、その一方で、視野障害患者が視標を見失った後の視線移動は、次の視標を見つけるまで制御不能となり、再現性と精度において劣ることになりかねない。そもそも対象に向かう急速眼球運動の精度自体がそれほど高くはないため、眼球運動の振幅と方向の厳密な測定をすれば、それだけでよいというものではなく、視線移動を生じさせた視標の視線からの位置の同定が重要だとも言われる⁵⁾。そこで、今回我々は、アクティブサッケードマップに加え、SPTPマップを考案し、これにより、視野内の個々の視標に対する視線移動の動態を明確化した。しかし、我々の手法では、現在のSPTPマップをもってしても、事前に設定した視野位置に厳密に刺激を提示することはできない。また、測定不能と無反応の区別ができない。これらの点を改良する方法として、以下が望まれる。

- i) 視標提示法に任意の視線位置に対しリアルタイムにしかるべき視標位置に視標を提示する機能を持たせる
- ii) 視標提示法に視標を見失った場合の視線修正を行う機能をもたせる
- iii) 測定不能点における再検査が自動的に施行できる機能をもたせる

しかし、いずれも被験者の応答をもとに臨機応変に同一検査内で施行できるようにプログラムしなければならない、技術的なハードルは高い。

2) アクティブ視野に選択的な刺激特性の同定

前述したように本検査は、従来の視野検査とは異なる視覚系の反応を含んでいる可能性があ

る。よって、それが何であり、どのような特性があるかについて調べることができるはずで、これは、今後の大きな課題と言える。視標特性を変化させ、従来法（固視点を設定するパッシブ視野検査法）との比較を行う研究、その検査中の脳活動を観測する研究と同名半盲症例の半盲内反応可能刺激の視標特性に関する研究を行うことでこの課題の答えに近づくことができるものと思われる。

3) アクティブ視野の定量性

今回作成したアクティブ視野は、一定の輝度の一定の大きさの視標に対する反応をみているため、その評価は定性的なものと言える。これを汎用視野検査と同様の量的視野検査とするためには、視標の輝度や大きさを変化させて閾値測定を行う必要がある。しかし、同じ視標に対して従来の視野検査がボタン押しの有無で定性評価をしているのとは異なり、本検査では眼球運動で反応を捕らえているため、その潜時と視標捕獲精度という量的な応答量を得ることができる。したがって、これを量的に表示することにより、閾値測定とはまた異なる意味での量的評価を行うことができる。これであれば、同一座標を視標の大きさや輝度を変えて多数回調べなくても視野全体を短時間で量的に評価することができる。試みに行った例を資料2に示した。今後、どのような数値が量的視野としての数値としてふさわしいかについて検討しなければならない。

4) アクティブ視野とADLの相関

今回、アクティブ視野検査を施行した患者被験者の全員に日常生活動作に関するアンケート

調査を行った（調査票は資料3）。これにより、アクティブ視野とADLとの相関を見ることができると考える。初年度ではまだ症例数が少ないため、この結果は第二年度に報告する。

8. 文献

- 1) 永田啓. 眼球運動による視野測定. 眼科プラクティス15: 376, 2007
- 2) Dell' Osso LF, Daloff RB. FAST EYE MOVEMENTS (SACCADES). In: Graser JS (ed.). Chapter 9. Eye Movement Characteristics and Recording Techniques. Neuro-ophthalmology third edition, Lippincott Williams & Wilkins. U. S. A. : 329-332, 1999
- 3) 吉田正俊. 見えないのにわかる - 「盲視」の脳内メカニズム. 視覚の科学 30: 109-114, 2010
- 4) Murray IC, Fleck BW, Brash HM, Macrae ME, Tan LL, Minns RA. Feasibility of saccadic vector optokinetic perimetry: a method of automated static perimetry for children using eye tracking. Ophthalmology 116: 2017-2026, 2009.
- 5) 中野泰志, 新井哲也, 永井伸幸, 井手口範男. 眼球運動を指標とした視野測定方法の検討 ヒューマンインタフェースシンポジウム2007論文集: 709-714, 2007.

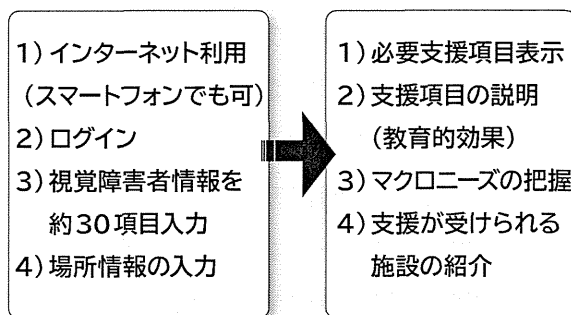
Ⅲ. ファーストステップの改良

1. ファーストステップの概要
2. ファーストステップ旧版の問題点
3. ファーストステップの改良点
4. 残された問題
5. 文献

1. ファーストステップの概要

我々は平成22～24年度厚生労働省科学研究「総合的視覚リハビリテーションシステムプログラムの開発」にてファーストステップを作製した。ファーストステップとは、インターネットを使用して、約30項目の簡単な質問に答えると視機能評価や点字訓練などの23項目の支援項目ごとに、その支援が必要か不要かを判定するソフトウェアである。この判定結果のページには、各支援ジャンルの平易な説明と用語解説および関連施設情報のあるサイト（ナレッジバンク）へのリンクを張っている。また同時に、「ファーストステップ」は、利用者の実態とニーズを全体的に捉える機能をも備えている。すなわち、本ソフトウェアは、視覚に障害をもつ方に直接対応する者が使用し、当事者を視覚障害者支援の専門家に繋げるためのツールであると同時に、その結果の集積により視覚障害者全体の平均的実態・ニーズが把握できるものとして期待できる（図Ⅲ-1）¹⁾。視覚障害者支援の専門家が当事者の集まる仲介施設へ訪問し相談・支援を行う「中間型アウトリーチ支援」（図Ⅲ-2）²⁻⁵⁾と合わせ活用されることで、視覚障害者支援のあり方モデル（図Ⅲ-3）の根幹となる可能性を秘めている。

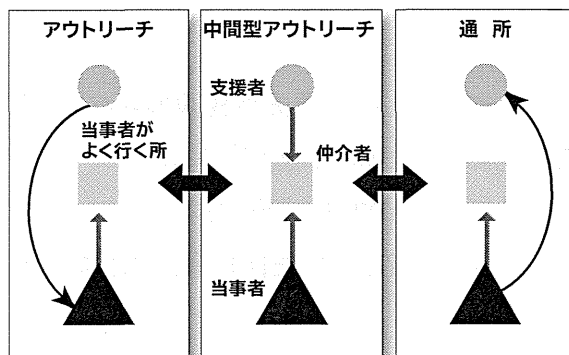
視覚障害連携システム『ファーストステップ』[※]



※平成22-24年度厚生労働省科学研究費成果物

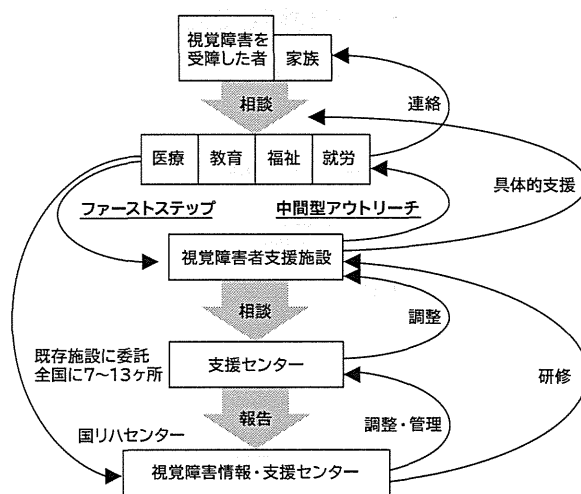
図Ⅲ-1. ファーストステップ

中間型アウトリーチ支援



図Ⅲ-2. 中間型アウトリーチ支援

視覚障害者支援のあり方モデル



図Ⅲ-3. 視覚障害者支援のあり方モデル