

## — 資 料 —

## 動作を伴う視線計測に関する文献的考察

## A Literature Review on Eye Tracking with Physical Motion

天野功士<sup>1)</sup>, 當目雅代<sup>1)</sup>

Koji Amano, Masayo Toume

## 抄 録

**目 的**：本研究の目的は、動作を伴う視線計測に関する先行研究から、視線の測定方法、分析方法、対象者数の妥当性を明らかにすることである。

**方 法**：文献の選定には、CiNii Articles, 医学中央雑誌 Web 版 (Ver.5), Medical Online を用い、キーワードは「視線計測」「アイマークレコーダ」「注視」とした。得られた文献のうち、選定基準に合致した文献 23 件を分析対象とした。帰納的に内容を分析し、機器の条件設定、対象者数、分析指標等をマトリックスシートに整理し、視線の測定方法や分析方法の妥当性を検討した。

**結 果**：視線計測機器の条件設定において、眼球運動の測定には瞳孔角膜反射法が多く用いられており、視野カメラレンズには水平角 92° のレンズが最も多く用いられていた。対象者と分析処理方法について、対象者 5 名以下では視線パターンを把握することを目的としており、統計的検定は行われていなかった。一方で、11 名以上を対象とした文献では、若齢者と比較した高齢者の視線、非熟練者と比較した熟練者の視線の特徴を統計学的検定から明らかにしていた。分析指標としては「注視時間」「注視回数」「注視項目変化表」「視線軌跡」が多く用いられていた。

**考 察**：動作を伴う視線計測から熟練者の技の可視化、新人看護師や看護学生の技術習得、患者教育に繋げるためには、モバイル型視線計測機器を用い、動作環境に合わせた視野カメラレンズ、キャリブレーション方法を選択する必要がある。また、10 名以上を対象とした注視時間や注視回数の比較、注視項目変化表の分析より、動作中の思考や認知のプロセスを推定することが可能になると示された。

**キーワード**：認知プロセス、視線計測、注視、アイマークレコーダ

## I. はじめに

動作を伴う認知プロセスは、視野・注視点・視線という視覚情報から計測される視線軌跡を可視化することで明らかとなる (大野, 2002, pp.569-577)。可視化とは、人の目には見えない事物や現象を映像やグラフ、表等にして分かりやすくすることであり、見える化ともいわれる (大辞泉, 2012, p.690)。可視化という言葉は、製造現場において使用されることが多く、製造における設備や品質、労働状況等の生産にかかわるデータを集約し、過剰在庫や欠品を把握するために用いられていた。医療や教育の現場では、術後観察における看護学生の認知を明らかにする研究 (高比良・山田・吉田, 2016) など、対象者の行動を読み解くため

に認知や思考を推定する研究が行われている。人の認知や思考は直接目で見るができないため、これまではインタビューや質問紙等の主観的なデータを用いて分析されていた。しかし、映像技術の発展とともに人の視線を計測する機器の開発が積み重ねられ (桑原, 2014, pp.53-54)、対象者がリアルタイムで何をどのように見ているのかを可視化できるようになり (蜂巢, 2014, p.49)、視線を用いて認知や思考を推定する研究が注目され始めている。

視線計測ではベテラン技能者や熟練者の言語化できない技やコツを可視化することで技術の伝承が試みられており、先行研究では工芸職人の視線 (仁科・久米・高井, 2014) や伝統芸能習熟者の視線 (阪田・丸茂・八村, 2005) が分析されている。また、学習者の視線

1) 同志社女子大学看護学部 Faculty of Nursing, Doshisha Women's College of Liberal Arts

計測から舞踊動作の教育に繋げるための研究も行われている（知念・神里・野口，2010）。これらの先行研究から、看護の分野においても視線計測により、熟練看護師の技の可視化が可能になり、新人看護師や看護学生の技術習得に向けた教育に繋げることができると考える。また、日常生活動作時の視線計測により、動作の特徴や患者の心理に基づいた教育が可能となると考える。しかし、視線を用いた研究は環境の設定、機器の条件設定、分析方法が異なり、研究方法は確立されていない。そこで、本研究では、動作を伴う視線計測に関する先行研究から、視線の測定方法、分析方法、対象者数の妥当性を明らかにすることを目的とした。

## II. 用語の定義

動作を伴う視線計測：行動時の思考や認知プロセスを推定するための視線計測のこと。

設置型視線計測機器：モニタ画面の固定された被写体を見ているときの視線を計測する機器のことで、EMR-ACTUS（Nac社製）、QG-PLUS（Ditect社製）等がある。

頭部装着型視線計測機器：眼鏡や帽子に瞳孔検出カメラと視野カメラの2種類のカメラを装着することで頭部運動に連動した視線を計測する機器のことで、EMR7、8、8B（Nac社製）、View TrackerII（Ditect社製）等がある。

モバイル型視線計測機器：頭部装着型の中でも、本体が小型軽量化され、携帯可能な視線計測機器であり、EMR9（Nac社製）、Tobii Pro グラス 2（Tobii社製）等がある。

## III. 研究方法

### 1. 文献検索方法および選定

文献情報データベースは、CiNii Articles、医学中央雑誌 Web 版（Ver.5）、Medical Online の3つを用いた。検索キーワードを「視線計測」「アイマークレコーダ」「注視」とし、会議録を除き、視線を計測した文献に限定した結果、「視線計測」では71件、「アイマークレコーダ」では64件、「注視」では129件の文献が得られた（2017年5月10日現在）。さらに、重複文献を除外し、視線計測時に動作を伴う文献に限定した結果、得られた23件を分析対象とした。

## 2. 対象文献の整理・分析方法

動作を伴う視線計測に関する23件の文献を概観し、帰納的に内容を分析した。その結果、使用した視線計測機器、視線の測定方法、注視の定義、対象者数、統計処理方法、分析指標、併用調査について記述されていた。そこで、これらの項目をマトリックスシートに整理し、視線の測定方法や分析方法の妥当性を検討した。

## IV. 結果

### 1. 動作を伴う視線計測の研究領域の概要

選定した23件の文献の概要を表1に示す。1998年に動作を伴う視線計測の研究が初めて論文として発表されていた。研究分野は、人間工学、医学、スポーツ、環境工学、心理学、教育に分類された。人間工学に関する文献は8件あり、自動車や自転車運転中のドライバーの視線、歩行中の視線に関する文献であった。医学に関する文献は7件あり、トイレ動作や姿勢保持訓練等のリハビリテーション時の視線4件、看護技術を行う看護師の視線2件、調剤作業中の薬剤師の視線1件であった。スポーツに関する文献は2件あり、バスケットボールでリバウンドを行うプレイヤーの視線、野球でバットを振るまでの打者の視線に関する文献であった。環境工学に関する文献は3件あり、消費者行動時の視線、道路標識のデザインへの視線に関する文献であった。心理学に関する文献は2件あり、形態認知やパントマイム動作等の高次機能を要する動作中の視線であった。

### 2. 動作を伴う視線の測定方法および分析方法

#### 1) 使用されていた視線計測機器

選定された文献23件中22件は使用した機器の種類が記載されていたが、1件は不明であった。Nac社製の頭部装着型視線計測機器を用いた研究は20件あり、中でもEMR8、EMR8Bを用いた研究が13件と最も多かった。2008年にモバイル型視線計測機器EMR9が発売され、2011年以降はEMR9を用いた研究が増加していた。

#### 2) 眼球運動の測定法

眼球運動の測定法には、瞳孔角膜反射法、EOG法、強膜反射法等がある。選定した文献のうち、瞳孔角膜反射法を用いた文献は5件で、角膜反射像と瞳孔中心から眼球の回転を計測していた。角膜反射法を用いた

文献は1件であった。

### 3) キャリブレーション

キャリブレーションとは、瞳孔と角膜反射像の位置関係から算出した注視点と実際の注視箇所との誤差を修正するために行う調整のことである。キャリブレーションの実施方法を記載した文献は2件であった。石浦・沼田・日垣(2015)は、トイレの扉から1m離れた距離でキャリブレーションを行い、その後トイレの入口および便座に座った状態でアイマークの誤差がないかを確認していた。塩田・高梨・野北(2009)は、2m離れた距離でキャリブレーションを行い、上下・前後の9点を注視させ、アイマークを一致させていた。

### 4) 視野カメラレンズ

視野カメラレンズの種類について記載した文献は6件あり、そのうち92°のレンズを用いた文献が3件と最も多かった。上田・秋山・泉(2004)は、92°のレンズを使用し、歩行時の視線を明らかにしていた。他にも、92°のレンズは、高齢者が姿勢を保持する際の視線(塩田・高梨・野北, 2009)や馬を観察する際の視線(内山・木下・淵上, 2014)に用いられていた。石浦・沼田・日垣(2015)は、115°のレンズを使用しトイレ環境全体の視野範囲を確保することで、トイレ動作時に何を見ているかを明らかにしていた。石井・飯塚・築田(2007)は、62°のレンズを用いて、軽度発達障害児がタッチパネル上で形態模写を行う際の視線を計測していた。北濱・三浦・岡崎(1998)は90°と60°の2種類のレンズを使い分け、迷路探索歩行時の視線を計測していた。

### 5) 注視の定義

注視について定義した文献は12件であった。視線計測機器は1秒間に30フレーム記録することができる。同一か所に3フレーム(0.10秒)以上視線が停留した場合を注視と定義した文献は4件、4フレーム(0.13秒)以上とする文献は2件、5フレーム(0.17秒)以上とする文献は2件、6フレーム(0.20秒)以上とする文献は1件であった。その他、北濱・三浦・岡崎(1998)は、アイマークの移動距離により注視を定義しており、視角が4.5°より短い場合を同一注視と判定していた。一方で、伊藤・福田(2004)は、特定の視標がなく動作とともに常に視線が移動する場合においては注視を断定することが困難であると述べており、注視を定義せずに分析を行っていた。

### 6) 対象者数と統計処理方法

対象者数5名以下の文献は5件、6～10名は6件、11～20名は4件、21～30名は4件、31名以上は4件であった。対象者2名では、佐藤・大津・曾田(2011)が看護師と看護学生の採血中の視線軌跡からパターンを比較していた。対象者5名で江上・田中・柏原(2016)は、新卒看護師が輸血準備時に注視した箇所、注視回数、注視時間から平均値を算出し、教育介入前後で比較していた。6名以上で尾林・杉江・金(2016)は、無タスク歩行時の注視時間等の値を1としてスマートフォン操作中の歩行値を指数化し、平均値を比較していた。また、石橋・加藤・永野(2013)は、バスケットボール熟練者の3種類のプレイパターンで、注視回数、注視時間等の平均値を変数としたKruskal-Wallis検定を行っていた。11名以上で伊藤・福田(2004)は、高齢者と若齢者において注視時間割合を変数としたMann-WhitneyのU検定、被験者群や歩行場所を独立変数とし下方の視線配置割合を従属変数とした分散分析等を行っていた。さらに、31名以上では、多田・飯田・倉内(2013)は、自動車運転時の音声やモニタ画面、案内板による情報提供の有無で、注視回数、注視時間等の平均値について多重比較による検定を行い、介入の効果を検証していた。

### 7) 視線データの分析指標

選定された23文献において、該当箇所をどのくらいの時間見ていたかを表す「注視時間」を分析指標とした文献は18件、何回見たかを表す「注視回数」を分析指標とした文献は11件あり、該当箇所をどのくらいの意識を集中させていたかの指標としていた。全注視時間のうち該当箇所をどの程度注視していたかを表す「注視時間割合」を分析指標とした文献は7件、全注視回数のうち該当箇所を何回注視していたかを表す「注視回数割合」を分析指標とした文献は2件であり、実験の所要時間が異なる被験者を比較するために用いられていた。また、視線がどのくらいの速度で移動していたかを表す「視線速度」を分析指標とした文献は2件あり、尾林・杉江・金(2016)、尾林・小澤・小塚(2010)は集中力の低下の判断指標として用いていた。さらに、どのような順序で何を見ていたかを示す「注視項目変化表」「視線軌跡」を分析指標とした文献は4件あった。「注視項目変化表」および「視線軌跡」の分析により、若齢者と比較した高齢者の歩行時の視線パターン(伊藤・福田, 2004)、野球熟練者と非熟練者の比較による打撃中の視線パターン(加藤・福田, 2002)、看護

表 1 動作を伴う視線計測に関する文献の概要一覧

No (発行年)	著者	分野	目的	視線計測機器	眼球運動の測定法	キャリブレーション	視野カメラレンズ	注視の定義	対象者	統計処理	分析指標	併用調査
1	江上千代美他 (2016)	医学, 教育	看護技術教育の効果と課題を明らかにすること	EMR9	—	—	—	0.10 以上	新卒看護師5名	無	注視時間, 注視回数, 注視1回の注視における注視時間	無
2	西原大樹他 (2016)	人間工学	道幅の違う道路を自転車で行く際に注目している箇所の違いを明らかにすること	EMR9	瞳孔と角膜反射	—	—	0.15 以上	20歳代の男性18名, 女性10名	有	注視時間, 注視回数, 注視回数割合, サッケードの回数	ビデオカメラ, インタビュー
3	尾林史章他 (2016)	人間工学	歩行中にスマートフォンを使用することで生じる影響を明らかにすること	EMR8B	—	—	—	0.10 以上	20歳代の男性1名, 10歳代～20歳代の女性5名	有	注視時間, 注視回数, 注視時間割合, 視線移動速度, 注視項目変化表	無
4	石浦佑一他 (2015)	医学	トイレ動作中に取得している視覚情報を明らかにすること	EMR8B	瞳孔/角膜反射方式	1m離れた距離で実施	115°	0.20 以上	健康成人51名 (男性20名, 女性31名)	有	注視時間, 注視時間割合	無
5	中谷周平他 (2014)	人間工学	自動車運転補助システムの有用性を明らかにすること	EMR8B	角膜反射方式	—	—	0.10 以上	52名 (高齢者19名, 一般14名, 若者19名)	無	注視回数	ドライビングシミュレータ
6	北詰恵一他 (2014)	環境工学	商品購買時に取得している視覚情報を明らかにすること	VIEW-TRACKER	—	—	—	—	20代～70代の男女計21名	有	注視時間	質問紙
7	内山秀彦他 (2014)	心理学	馬の観察に関係する個人特性を明らかにすること	EMR9	—	—	92°	—	24名 (男性6名, 女性18名)	有	注視時間, 注視回数, 瞳孔径	質問紙
8	石橋千征他 (2013)	スポーツ	熟練者がバスケットボールのリバウンド時に取得している視覚情報を明らかにすること	EMR9 ゴーズルタイプ	—	—	—	0.133 以上	男性7名 (20.14 ± 0.90 歳)	有	注視時間, 注視回数	ビデオカメラ
9	多田昌裕他 (2013)	人間工学	自動車運転補助システムの有用性を明らかにすること	EMR8B	—	—	—	0.165 以上	20歳代から50歳代までの32人 (男性29名, 女性3名)	有	注視時間, 注視回数, 注視回数割合	装着型の無線ジャイロセンサ, レーザ距離計, ITS車載器
10	相知敏行他 (2012)	環境工学	認識されやすい自転車用サインを検討すること	EMR9	—	—	—	0.09 以上	13名	無	注視時間, 注視時間割合, 注視対象までの距離	質問紙, ビデオカメラ, 三次元姿勢センサ
11	佐藤美紀他 (2011)	医学	熟練者が採血時に注目している箇所を明らかにすること	EMR9	—	—	—	—	経験年数13年の看護師1名と看護系大学2年生1名	無	視線軌跡	ビデオカメラ

12	尾林史章他 (2010)	人間工学	携帯電話を使用することによるド ライバーの視線と行動の変化を 明らかにすること	EMR8B	—	—	—	20代前半の男女7名	有	注視時間,注視時間割 合,注視回数,視線移動 速度	ドライビングシミュ レータ, モーション キャプチャヤー
13	岡本康太郎 他 (2009)	環境 工学	商業施設内で来店者が得てい る視覚情報を明らかにすること	EMR8	—	—	—	3名	無	注視時間, 視野	質問紙
14	塩田琴美他 (2009)	医学	若年者と高齢者の比較から, 高 齢者が姿勢制御時に注目して いる箇所を明らかにすること	EMR8B	角膜反射像と瞳 孔中心位置から 注視点を抽出	2mの距離で実 施, 上下・前後 9点を見る	92°	高齢群11名(男性6名, 女性5名), 若年群11名 (男性6名, 女性5名)	有	注視時間, 瞳孔径, 視線 軌跡長, 視線軌跡面積	Equi-testにおける重 心動揺
15	三林洋介他 (2008)	医学	薬剤師が調剤作業中に注目し ている箇所を明らかにすること	EMR8	—	—	—	薬剤師6名, 男子大学 生10名	有	注視時間,注視時間割 合, 視線の戻り率	無
16	石井仁他 (2007)	心理 学	軽度発達障害児が形態模写課 題中に取得している情報を明ら かにすること	EMR8	—	62°	—	眼球運動や視覚認知な どに障害のある児を含 む48名	無	注視時間, 注視回数	無
17	小早川睦貴 他 (2007)	心理 学	実際の動作と身振りとの視覚的 な探索行動の違いを明らかにす ること	EMR8	瞳孔/角膜反 射方式	—	—	健康な右利き大学生6 名(男性2名, 女性4名)	有	注視回数	無
18	伊藤禎敏他 (2004)	人間 工学	自動車運転中の運転者が注目 している箇所を明らかにすること	EMR8	—	—	0.10 以上	50歳代男性, 20歳代の 男性の22名	無	注視時間, 視線のばらつ き	無
19	上田雄義他 (2004)	医学	追加の課題が歩行に与える影 響を明らかにすること	EMR	—	92°	—	若年者男性6人	有	注視時間割合	質問紙, Move-tr3D による動作追跡
20	伊藤納奈他 (2004)	医学	高齢者と若齢者の比較から, 歩 行時の視覚による情報探索行 動の違いを明らかにすること	EMR8	—	—	—	その他 高齢者8名, 若齢者8名	有	注視時間,注視時間割 合,注視項目変化表	無
21	加藤貴昭他 (2002)	スポー ツ	運動熟練者の視覚探索の特徴 を明らかにすること	EMR8	—	—	0.133 以上	大学野球部員9名, 一 般の大学生9名	有	注視時間,注視回数, 1回の注視における注視 時間	ビデオカメラ
22	後藤暁之輔 他 (2001)	人間 工学	横断歩道歩行中の歩行者が得 ている視覚情報を明らかにする こと	不明	瞳孔/角膜反 射方式	—	—	1名	無	視線軌跡	無
23	北濱亨他 (1998)	人間 工学	迷路内の探索歩行時の学習に 伴う視線の変化を明らかにする こと	EMR7	—	90° と 60°	—	その他 学生6人	無	注視時間,注視対象まで の距離	ビデオカメラ, インタ ビュー, 描画実験

※表中の「—」は,本文中に記載のなかったことを示す

師と看護学生の採血針穿刺時の視線パターン（佐藤・大津・曾田，2011）を明らかにしていた。また，尾林・杉江・金（2016）は，歩行時にスマートフォンを使用した場合に注視項目のほとんどがスマートフォンに向けられ，周囲への目視が減少し危険性を認知できなくなることを明らかにしていた。他にも，瞳孔径，サッケードの回数，1回の注視における注視時間等が分析指標として用いられていた。

## 8) 併用調査

視線計測に他の調査を併用した研究は15件であった。

### ①質問紙調査を併用した研究

質問紙調査を併用していた文献は5件であった。そのうち，北詰・横内（2014）は，購買行動の前後に質問紙を用いて，被験者の属性による注視の違いを調査していた。実験後は被験者がどのような考えのもとで購買行動をとったかを調査し，注視時間への影響について考察していた。また，内山・木下・測上（2014）は，実験前に自身の性格傾向や馬の印象等の質問紙調査を行い，馬とかかわった後，再び馬の印象等を調査することで，馬に対する印象と視線の変化を見出していた。質問紙調査は，被験者の属性の把握や介入による認知の変化の裏付けとして用いられていた。

### ②ビデオカメラを併用した研究

ビデオカメラを併用していた文献は6件であった。そのうち，佐藤・大津・曾田（2011）は，熟練看護師と看護学生が採血を実施している場面をビデオカメラで記録し，一連の動作と視線を対応させることで，採血時の観察の特徴を明らかにしていた。また，石橋・加藤・永野（2013）は，バスケットボール熟練者がリバウンドを行う場面をビデオカメラで記録し，注視回数等を対応させることで，リバウンド動作時の視線パターンを明らかにしていた。ビデオカメラは，分析の補助ツールとして，被験者がどのような動作をしている時に何を見ていたかを把握するために用いられていた。

### ③インタビュー調査を併用した研究

インタビュー調査を併用していた文献は2件であった。北濱・三浦・岡崎（1998）は，迷路内の探索歩行後に映像を見せながらインタビューを行っていた。インタビューでは，歩行中に考えたこと等を質問し，どのように進むべき方向を選択していたかを調査していた。西原・辰巳・吉城（2016）は，自転車の走行実験後に路線に対する安心・不安の程度，その判断理由等について質問し，路線への不安感が注視挙動に及ぼす影響を調査していた。

④その他，ドライビングシミュレータ，モーションキャプチャー等を併用した研究があった。

## V. 考察

本研究では，熟練看護師の技の可視化，看護技術の習得に向けた教育，対象者の心理に基づいた患者教育に繋げるために，先行研究から視線の測定方法や分析方法の妥当性について考察する。

### 1. 視線計測機器について

動作を伴う視線計測には，頭部装着型の視線計測機器が用いられていた。設置型は，会話時の話者の視線（村山，2012），文章読解時の視線（榊原，2013），動画閲覧時の視線（橋本・牛木・中村，2006）計測等に用いられる。大野（2003，p.728）は，設置型の視線計測機器はカメラで撮影される範囲が限定されるため，身体の動きが著しく制限されると述べている。また，注視点を同定するために可能な限り頭部位置を固定しておく必要があるため，動作を伴う視線計測には適さないと考えられる。反対に，頭部装着型では頭部に機器を固定するため，被験者が身体を動かしても視線計測が可能である。しかし，常に機器と繋がれている状態であり被験者への負担が大きいことから，長時間の計測時は被験者の疲労等に十分配慮する必要がある。モバイル型は，頭部装着型の中でも小型・軽量であり，被験者への負担が少なく，コードによる移動範囲の制限もない。そのため，場所を選ばずあらゆる動きに対応可能であり，汎用性が高い。これらのことから，動作を伴う視線計測ではモバイル型の視線計測機器が適していると考えられる。

### 2. 視線計測機器の条件設定

#### 1) 眼球運動の測定

眼球運動の測定には，瞳孔角膜反射法が最も多く用いられていた。瞳孔角膜反射法は，基本的には角膜反射法と同じであり（下田，2005，p.64），調整の手間が少なく測定精度も優れている（大野，2002，pp.567-569）。そのため，動作を伴う視線計測においても瞳孔角膜反射法を用いた眼球運動の測定が妥当であると考えられた。

#### 2) キャリブレーション

角膜反射法であっても視線計測中にカメラのずれ等

によって測定精度が悪化する場合があるため（下田, 2005, p.64）、動作毎にキャリブレーションによって注視点の誤差を調整し、測定精度を高めることが重要であると考えられる。今回選定された文献では、1～2m離れた距離でキャリブレーションを実施していた。この距離は、注視される対象物との距離に応じて設定されており、実際の測定においても注視される対象物との距離を考慮した環境でキャリブレーションを行うことが重要であると示唆された。

### 3) 視野カメラレンズ

視線計測機器のヘッドユニットに装着されている視野カメラレンズには、水平角 44°、62°、92°、115°、121°のレンズがあり、視線計測を行う環境によって、レンズを選択する必要がある。視野カメラレンズには、水平角 92°のレンズが最も多く用いられていた。一般的には、広角であるほど広い範囲の視線を測定でき、視野カメラの映像から注視点が逸脱することを予防できる。しかし、広角なレンズほど視野映像の端に歪みが生じ、注視箇所を判断しづらくなる可能性が考えられる。一方で、狭角レンズでは視野映像の歪みは生じず、広角レンズよりも映像が拡大されるという利点がある。しかし、人間の視野は水平角約 200°といわれており（増田, 1990）、62°のレンズでは3分の1程度の視野となり、注視点が視野映像内から逸脱することが考えられる。井原（2014, p.44）は、視野の中心を正確に計測する場合には狭角レンズを使用し、視野の広い範囲に視線が散らばる場合には広角レンズを選択すると述べている。これらのことから、移動動作を伴い視線が広範囲に及ぶ計測では92°のレンズを使用し、モニタ画面や手元等固定された範囲における動作中の計測では64°のレンズを使用することが妥当であると考えられた。

### 4) 注視の定義

注視は0.10～0.20秒で定義されていた。これらの結果から、注視に関する定義は統一されていないものの、研究内で注視をどのように定義するかについて明確に示すことが重要であり、動作を伴う視線計測においては0.10～0.20秒の視線停留を注視とすることが妥当であると示唆された。

## 3. 対象者数と統計処理方法および視線計測データの分析指標の妥当性

5名以下を対象とした文献は、運転手や新人看護師等の視線パターンを把握することを目的としており、

統計的検定は行われていなかった。このことから、対象者5名程度の視線計測によって、対象者の視線パターンから認知プロセスを推定することが可能となると考えられる。一方で、11名以上を対象とした文献は、若齢者と比較した高齢者の視線の特徴を統計学的検定から明らかにしたものが含まれていた。新人看護師と比較した熟練看護師の技を可視化するためには、10名程度を対象として、群間の注視時間、注視回数等を比較する必要があると示唆された。また、31名以上を対象とした文献は、視線計測により得られた結果から介入による効果を分析していた。新人教育プログラム等の教育的介入の効果を評価するためには、30名程度の対象者が必要であると示唆された。

分析に用いられる指標としては、「注視時間」や「注視回数」が多く用いられていた。注視時間や注視回数を算出し、どこを見ながら動作をしているかを可視化することによって、行動時の認知プロセスを推定することが可能になると考える。そのため、動作を伴う視線計測において、注視時間や注視回数を分析指標として有用である。また、「注視時間割合」や「注視回数割合」は、実験の所要時間が異なる被験者を比較するために用いられていた。実験時間が長くなるほど、総注視時間は長くなり、総注視回数は増加すると考えられるため、実験の所要時間が異なる被験者間の比較においては注視時間割合や注視回数割合を用いることが妥当であると示唆された。また、群間における視線のパターンの比較には、「注視項目変化表」や「視線軌跡」が用いられていた。視線項目変化表や視線軌跡からは、どのような順序で何を見ていたかを読み取ることができ、行動と組み合わせることによって、どのように情報を得て行動に移したかを明らかにすることができる。これらのことから「注視項目変化表」や「視線軌跡」は、動作中の認知プロセスを推定するために有用であると考えられた。

## 4. 併用調査

大野（2002, pp.570-571）は、視線計測に他の調査を組み合わせることで情報取得から作業に至る一連の認知処理を分析することが可能となると報告している。今回選定された文献では、質問紙調査、ビデオカメラ、インタビュー調査が併用されていた。質問紙調査は、被験者の属性および介入による認知の変化を把握するために用いられており、属性別の視線パターンの違いを分析することが可能となる。また、介入による認知の変化を明らかにするためにも用いられ、介入

後の視線の変化が認知機能の変化によるものであるとの裏付けとしても有用であると示された。ビデオカメラは、被験者が行った動作を記録するために用いられていた。被験者に装着する視野カメラの映像は、被験者の頭部の向きに影響され、被験者自身の細かな動きをすべて把握することは困難である。そのため、動作を伴う視線計測において、被験者の動作を客観的に把握できるビデオカメラを併用することが効果的であると考えられた。インタビュー調査は、動作中に考えていたことや実験後の印象を把握するために用いられていた。これらの情報を視線計測と組み合わせることで、どのような情報から何を考え動作に移したかという一連の思考過程を分析することが可能となる。そのため、動作を伴う視線計測中の思考過程を考察するためには、映像を提示しながらのインタビュー調査が有効であると示唆された。

## VI. 結論

動作を伴う視線計測から熟練看護師の技の可視化、看護技術の習得に向けた教育、対象者の心理に基づいた患者教育に繋げるためには、モバイル型視線計測機器が適しており、動作環境に合わせた視野カメラレンズ、キャリブレーション方法を選択する必要がある。また、熟練者の技の可視化には10名以上を対象とし、注視時間や注視回数を比較しつつ、注視項目変化表や視線軌跡を用いて、認知プロセスを推定することが重要であると明らかとなった。さらに、視線計測に加え、アンケートやビデオカメラを併用することにより、動作を伴う一連の思考過程を推定することが可能となると示唆された。

利益相反：本研究における利益相反は存在しない。

## 文 献

- 大辞泉 (2012)：大辞泉上巻 (第2版)。松村明監修：690。東京：小学館。
- 江上千代美, 田中美智子, 柏原やすみ他 (2016)：新卒看護師に対する輸血の準備に関する看護技術教育前後の変化 眼球運動指標による評価。福岡県立大学看護学研究紀要。13：21-24。
- 後藤恵之輔, 木村拓, 中島豊明 (2001)：アイカメラを用いた歩行者の視線分析。長崎大学工学部研究報告。31 (56)：119-124。
- 橋本圭輔, 牛木一成, 中村誠他 (2006)：動画再生中における刺激提示の色の誘目性と配置に関する考察。情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)。3 (2006-HI-117)：75-81。
- 蜂巢健一 (2014)：消費者の視線を可視化する アイトラッキング活用技術。特集 視線を可視化するアイトラッキング。映像情報インダストリアル 3。46(3)：48-52。
- 井原康裕 (2014)：ディテクトのアイトラッキングコストパフォーマンスに優れた視線計測システムの紹介。特集2 視線を可視化するアイトラッキング。映像情報インダストリアル 3。46 (3)：43-47。
- 石橋千征, 加藤貴昭, 永野智久他 (2013)：バスケットボール戦術下でのリバウンド行為中における熟練者の視覚探索活動。スポーツ産業学研究。23 (1)：45-53。
- 石井仁, 飯塚慎司, 築田明教他 (2007)：軽度発達障害児における形態模写過程の基礎的解析。電子情報通信学会技術研究報告。106 (612)：37-42。
- 石浦佑一, 沼田景三, 日垣一男 (2015)：若年健康成人におけるトイレ動作時の視線分析。日本作業療法研究学会雑誌。18 (1)：51-57。
- 伊藤納奈, 福田忠彦 (2004)：歩行時の下方視覚情報への依存における加齢効果 眼球運動の時系列的变化。人間工学。40 (5)：239-247。
- 伊藤慎敏, 荻野弘, 野田宏治 (2004)：アイマークレコーダによる名古屋高速都心環状線の視覚分析。豊田工業高等専門学校研究紀要。37：45-50。
- 加藤貴昭, 福田忠彦 (2002)：野球の打撃準備時間相における打者の視覚探索ストラテジー。人間工学。38 (6)：333-340。
- 北濱亨, 三浦利章, 岡崎甚幸他 (1998)：迷路探索歩行時の注視と歩行に関する研究。人間工学。35 (3)：145-155。
- 北詰恵一, 横内俊裕 (2014)：大規模小売店舗における商品目視時間・滞留時間と購買率との関係分析。社会的信頼学。2：61-71。
- 小早川陸貴, 小田桐匡, 大東祥孝 (2007)：物品使用パントマイムと実使用における行為対象の視覚的分析 アイマークレコーダーを用いた比較。高次脳機能研究。27 (4)：290-297。
- 桑原哲爾 (2014)：視線計測の新たなフィールドを作り出すモバイル型「EMR-9」と業界初の「キャリブレーションフリー」技術非接触型「EMR ACTUS」の

- 誕生. 特集 視線を可視化するアイトラッキング. 映像情報インダストリアル 3. 46 (3) : 53-61.
- 増田千尋 (1990) : 3次元ディスプレイ. 産業図書, 49.
- 村山綾, 朝井阿弓美, 福井隆雄他 (2012) : 社会的スキルとアイコンタクト表出の関連について 非接触型アイマークレコーダによる検討. 電子情報通信学会技術研究報告. 111 (393) : 15-20.
- 中谷周平, 三村泰広, 小野剛史他 (2014) : 車両側からの速度制御アプローチがドライバに与える影響に関する視線特性からの検討. 研究報告高度交通システム (ITS). 11 (2014-ITS-56) : 1-8.
- 西原大樹, 辰巳浩, 吉城秀治他 (2016) : 車道上の走行環境と自動車交通が自転車利用者の注視挙動に及ぼす影響に関する研究. 交通工学論文集. 2 (2) : A125-A133.
- 仁科雅晴, 久米雅, 高井由佳他 (2014) : 旗金具製作における熟練者の打刻と視線の特徴. 科学・技術研究. 3 (1) : 23-28.
- 尾林史章, 杉江亮輔, 金洪他 (2016) : 視線計測による“歩きスマホ”の危険性検証. 電子情報通信学会技術研究報告. 115 (504) : 17-21.
- 尾林史章, 小澤慎治, 小塚一宏 (2010) : ドライバの挙動の計測と運転に対する集中力の評価指標の提案. 電子情報通信学会技術研究報告. 110 (150) : 37-42.
- 岡本康太郎, 内海章, 山添大丈他 (2009) : 視線計測を用いた商業施設における来店者行動の分析. 電子情報通信学会技術研究報告. 109 (281) : 1-6.
- 大野健彦 (2002) : 視線から何がわかるか 視線測定に基づく高次認知処理の解明. 認知科学. 9 (4) : 565-579.
- 大野健彦 (2003) : 視線を用いたインタフェース. 情報処理. 44 (7) : 726-732.
- 榊原啓子 (2013) : キーワードへのフォーカス, 熟達度, ワーキングメモリ容量が日本人英語学習者の文章理解に及ぼす影響 視線計測を指標にした心理言語学実験による検討. 国際文化学. 26 : 135-156.
- 阪田真己子, 丸茂祐佳, 八村広三郎他 (2005) : 日本舞踊における目遣いの定量的分析 アイマークレコーダとモーションキャプチャによる視線と身体動作の同時計測. じんもんこん 2005 論文集 2005. 9-14.
- 三林洋介, 土屋文人, 竹ノ内敏孝他 (2008) : 医薬品調剤時における視線計測とヒューマンエラー. 電子情報通信学会技術研究報告. 108 (49) : 9-12.
- 佐藤美紀, 大津廣子, 曾田陽子他 (2011) : 看護師と看護学生の静脈血採血時の視線軌跡の違い. 愛知県立大学看護学部紀要. 17 : 7-14.
- 下田宏 (2005) : 第2回 視覚系指標の計測. ヒューマンインタフェース学会誌. 7 (2) : 139-144.
- 塩田琴美, 高梨晃, 野北好春他 (2009) : 視線行動と姿勢制御の関連性についての検討 高齢者と若年者の比較. 理学療法. 24 (6) : 821-825.
- 相知敏行, 山中英生, 北潤弘康他 (2012) : 自転車走行時の注視分析とサイン種別の評価. 土木学会論文集 D3. 68 (5) : I909-I916.
- 多田昌裕, 飯田克弘, 倉内文孝他 (2013) : 運転者挙動解析に基づく ITS 合流支援追突防止情報提供サービスの効果検証. 土木学会論文集 D3. 69 (1) : 1-11.
- 高比良祥子, 山田貴子, 吉田恵理子 (2016) : 看護学生が認知する術後観察場面での看護師の関わり. 弘前医療福祉大学紀要. 8 (1) : 59-66.
- 知念輝佳, 神里志穂子, 野口健太郎他 (2010) : 視線を用いた舞踊動作の特徴抽出. 全国大会講演論文集. 第72回 : 5-6.
- 上田雄義, 秋山庸子, 泉佳伸他 (2004) : 視線計測を用いた二重課題条件下での歩行の検討. ライフサポート. 21 (4) : 149-157.
- 内山秀彦, 木下愛梨, 淵上真帆他 (2014) : 馬の外貌に対する人の視覚認知. 東京農業大学農学集報. 59 (3) : 192-199.