

視空間的記憶への指差の影響

Effects of pointing action on visuo-spatial learning

内藤 宏 (Hiroshi Naito) 篠原 一光 (Kazumitsu Shinohara)
松井 裕子 (Yuko Matsui) 彦野 賢 (Masaru Hikono)



株式会社 **原子力安全システム研究所**

Institute of Nuclear Safety System, Incorporated

〒919-1205 福井県三方郡美浜町佐田64号

Tel 0770-37-9100 Fax 0770-37-2008

URL <http://www.inss.co.jp>

視空間的記憶への指差の影響

Effects of pointing action on visuo-spatial learning

内藤 宏 (Hiroshi Naito)*¹ 篠原 一光 (Kazumitsu Shinohara)*¹
 松井 裕子 (Yuko Matsui)*² 彦野 賢 (Masaru Hikono)*²

要約 指差が視空間的な記憶を促進するかどうかを検討した。空間記憶課題では、顕在的記憶への指差の効果を検討した。実験参加者は順に呈示されるボタンの位置と順序を記憶するよう求められた。指差を行いながら記憶する条件（指差あり条件）と目視のみで記憶する条件（指差なし条件）とがあった。計上課題では、潜在的記憶への指差の効果を検討した。ターゲットの文字とディストラクタの文字が含まれる合計10個の文字の中からターゲットの文字の個数を数えることが課題であった。文字の配置には、空間記憶課題と同じ配置と新奇な配置の二つの条件があり、それぞれに対して、計上の際に指差を行う条件と行わない条件があった。空間記憶課題では指差条件で有意に高い成績となり、その効果が示された。視覚的な記憶と運動の記憶の二重での符号化が成績を高めたと考えられる。

キーワード 指差, 視空間的記憶, 顕在記憶, 潜在記憶

Abstract We investigated whether the finger pointing actions enhance visuo-spatial learning. In the spatial learning task, the effect of finger pointing on explicit memory was examined. Participants were required to memorize the locations and orders of ten buttons, which were presented sequentially on a computer display. Each button was presented with an alphabet on it and participants had to pronounce it. They learned three sequences ten times by pointing the locations of the buttons (Pointing condition) and without pointing action (Control condition). In the counting task, the effect of finger pointing on implicit memory was examined. Participants were required to count the number of target letters within the search field including distractor letters. Letters were located on the same positions as what they learned in the spatial learning task or on the novel positions. The results indicated that finger pointing actions enhanced the explicit visuo-spatial learning. We assumed that encoding through both visual and motor memory could enhance the visuo-spatial learning. We discuss the utility of doing "finger pointing" in work places like a nuclear power plant.

Keywords finger-pointing, visuo-spatial memory, explicit memory, implicit memory

1. はじめに

産業場面や交通場面においては、安全確認、計器類の数字の確認等に指差呼称が広く用いられている。その効果を感覚、知覚、思考、反応等、いくつかの段階で示すことは、今後の指差呼称の有効な利用にとって重要であると考えられる。

鉄道においては、清宮・池田・富田（1965）や芳賀・赤塚・白戸（1996）において、選択反応課題を用いて実験を行い、その有効性が検証された。清宮ら（1965）では、5つのランプと、それらとは空間

的に対応しない位置に押しボタンが設置された装置が用いられ、ランプが点灯したら1.5秒以内に正しいボタンを押すことが課題であった。指差呼称を行いながら、指差のみを行ってから、あるいは呼称のみを行ってから、ボタン押し反応をする場合に、何も行わずにボタン押し反応を行う場合に比べて、押し間違いの回数、時間遅れの回数が有意に少なかった。また、飯山（1980）は清宮らの研究結果に対し、(1)指差を行うことが刺激を正確かつ鮮明に網膜に伝えるように働く、(2)呼称が意識（注意力）をより長く、強く対象に集中させ、短期記憶の形成を助

*1 大阪大学大学院人間科学研究科

*2 (株)原子力安全システム研究所

ける、(3)指差呼称が視知覚、聴覚、筋肉知覚などを動員し認知の正確度が高まる、(4)アゴや手や腕の筋肉運動が刺激となって大脳新皮質の活動レベルを上げ、意識レベルの高い状態を作り出す、ことを理由として挙げている。

記憶の保持への指差呼称の有効性については、渡辺・川口・中井・塚田・彦野・中村(2005)が、原子力発電所における作業を模した環境で検討した。ディスプレイに作業指示が呈示され、実験参加者は干渉課題を行った後、キーボードで反応することで指示されていた作業を遂行した。最初の作業指示に対して、作業指示とキーボードのキーに対して指差呼称を行うことで、その記憶の保持の成績が高い結果が示された。この他、プラントにおける指差呼称については、塚田ら(例えば塚田・中村・川口・渡辺・中井, 1999; 2000)や彦野ら(例えば彦野・中村・川口・渡辺・中井・牧子, 2001; 2002)が一連の研究を行っている。

さらに篠原・森本・久保田(2009)では、視覚的注意の移動を検討する手続きである手がかり法(spatial cuing paradigm: 例えば Posner, Nissen, & Ogden, 1978; Posner, Snyder, & Davidson, 1980)を適用し、視覚的注意の定位に指差呼称が及ぼす影響を検討した。結果から、指差呼称が、確実な視覚的注意の定位に寄与することが示された。

以上、指差呼称の有効性について、知見が見出されてきている。しかしながら、指差の空間的記憶への有効性についてはまだ十分に検討されてはおらず、その基礎的知見を提起することが重要である。

2. 目的・仮説

本研究の第一の目的は、指差呼称が空間的記憶を促進するかどうかを検討し、特に、指差呼称を行うことで確認すべき対象の系列が学習され、結果として確認の効率が向上することを示すことで、発電所における計器や警告灯の確認を効率良く行うことに指差呼称が有効であることを示すことである。第一課題では、ディスプレイ上に一つずつ順番に10個提示されるボタンの位置を、順番と位置を正しく学習する課題を行った。

第二の目的は、指差(呼称)が視覚情報処理を促進するかを検討することであった。第二課題では、ディスプレイ上にOとQを合計10個提示し、Oの数を数える課題(計上課題)を課した。視覚情報処

理の特性を調べる課題に、複数の刺激の中から特定の刺激(これをターゲットと呼ぶ)を探す視覚探索課題がある。視覚探索課題では、文脈手がかり効果(contextual cuing effect, 例えば Chun & Jiang, 1998)として、繰り返し提示される刺激布置(刺激の(時)空間的配置)の方が、新奇な刺激布置よりも、探索が早く行われることが報告されている。繰り返し提示される刺激布置において毎回同じ位置にターゲットが存在することで、特定の刺激布置と特定のターゲットの位置が結び付けられ、探索が早くなると考えられている。なお、この時実験参加者は特定の刺激布置とターゲット位置の組み合わせに気付かないとされる。すなわち、この学習は潜在的に成立するものである。本研究の第二課題において、OとQの提示位置は、半数の試行で第一課題のボタンと同じ位置であった。第一課題で確立された確認手順の記憶が保持されることで、Oの数の計上が効率良くなされるかどうかを検討した。また、第一課題で指差呼称を行いながら学習した刺激布置と、指差呼称を行わずに学習した刺激布置でどのような違いがあるかを検討し、指差呼称の有効性を示すことを試みた。

空間的な記憶に関連しては、視覚座標系と運動座標系で位置の記憶が独立して形成されると考えられている(例えば Hikosaka, Nakahara, Rand, Sakai, Lu, Nakamura, Miyachi, & Doya, 1999)。ゆえに、空間記憶課題では、ボタンの位置と順序に関して、指差をすることで、視覚的な記憶と運動の記憶の二重の符号化により、学習パフォーマンスが向上すると考えた。

計上課題では、文脈手がかり効果が見られれば、繰り返し提示される刺激布置では計上が早く行われる。また、その程度は、空間記憶課題において指差を行って学習した刺激布置で大きい、と考えた。

3. 実験

3.1 方法

3.1.1 実験参加者

大阪大学に在籍する大学生9名(平均年齢21.2 ± 0.4歳)が実験に参加した。

3.1.2 課題

各実験参加者は課題を2つ行った。一つが空間記

表1 課題を行った順番

| 空間記憶課題 | → | 計上課題 | → | 計上課題 (休憩) | 空間記憶課題 | → | 計上課題 | → | 計上課題 |
|--------|---|------|---|-----------|--------|---|------|---|------|
| ① 指差あり | → | 指差あり | → | 指差なし | 指差なし | → | 指差あり | → | 指差なし |
| ② 指差あり | → | 指差なし | → | 指差あり | 指差なし | → | 指差なし | → | 指差あり |
| ③ 指差なし | → | 指差あり | → | 指差なし | 指差あり | → | 指差あり | → | 指差なし |
| ④ 指差なし | → | 指差なし | → | 指差あり | 指差あり | → | 指差なし | → | 指差あり |

憶課題, もう一つが計上課題である. 両課題とも, 指差 (呼称) あり, なしの二条件で課題を行った.

課題は表1のいずれかの順番で行われ, 実験参加者を均等に分けた.

【空間記憶課題】

空間記憶課題は学習フェーズ (図1) と再認フェーズ (図2) の2つのフェーズで構成された.

学習フェーズでは, ディスプレイに1つずつ合計10個提示されるボタンの位置と順序を記憶することが要求された. 各ボタンは500ms間提示され, 500msのブランク画面の後, 次のボタンが提示された. ボタンは緑色であり, 中央に大文字のアルファベットが一文字提示された. ボタンは6行8列の48か所のいずれかの位置であった. ボタンは, 最初ディスプレイの左上の領域で提示され, 同じ行の右へと進み, 右端まで進むと行を下げ, 再度左の領域から右の領域へと進み, これを繰り返しながら1試行10回のボタン提示が行われた. 課題を実際の現場での確認場面になるべく近い状態にしたかった

こと, 及び言語による記憶 (「左から○番目, 上から○番目」など) を妨げることを目的とし, 実験参加者にそのアルファベットを読み上げることを課した. ただし, アルファベットを記憶する必要はなかった. アルファベットの読み上げに加え, 指差条件では一つずつ右手人差し指で指差を行いながら学習した.

再認フェーズでは, ディスプレイに20個の灰色のボタンが提示された. そのうち10個は学習フェーズでボタンが提示された位置に, 残りの10個はランダムな新奇な位置に提示された. 実験参加者は右手でマウスを操作し, ディスプレイのボタンの上で左クリックすることで, 学習フェーズで記憶したボタンの位置を正しい順序で報告した. 各報告について, クリック時にボタンの色が変化することで次の3種類のフィードバックが与えられた.

- ① 緑色: 順序, 位置ともに正しい
- ② 黄色: 位置は正しいが, 順序が誤りである
- ③ 赤色: 誤った位置である

以上を1試行とし, 3種類の系列を10回ずつ同



図1 学習フェーズの概略. 緑色のボタンとアルファベットが一つずつ提示される. 提示順序は左上から始まり右下にかけて進行した. アルファベットを読み上げながら, 指差条件では指差も行った.

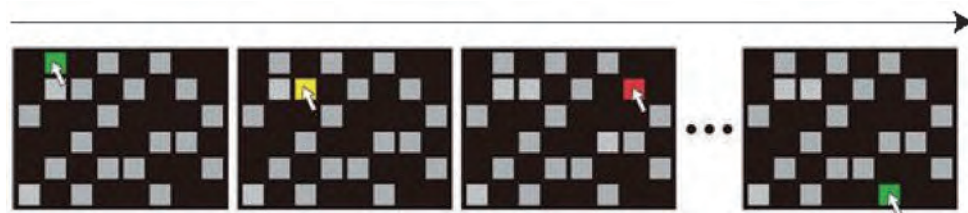


図2 再認フェーズの概略. 学習フェーズで提示された順序通りに報告することが求められた. 順序も位置も正しいボタンをクリックした場合, ボタンは緑色に変化した (左端の例). 学習フェーズで提示された位置であったが順序が正しくないボタンをクリックした場合, ボタンは黄色に変化した (左から2番目の例). 学習フェーズで提示された位置ではないボタンをクリックした場合, 赤色に変化した (左から3番目の例).

じ順序で繰り返した。すなわち、合計 30 試行を行ったが、1,4,7,⋯25,28 試行目、2,5,8,⋯26,29 試行目、3,6,9,⋯27,30 試行目がそれぞれ同じ系列を学習した。

【計上課題】

ディスプレイに「O」と「Q」が合計 10 個提示された (図 3)。課題は「O」の数を数えることであった。60 試行を 1 ブロックとし、刺激布置は半数の試行で空間記憶課題で学習した布置であり、残りの半数の試行では毎回ランダムな新奇な配置であった。具体的には、空間記憶課題で学習された刺激布置 3 つと毎回新奇な布置 3 つで 1 セットが構成され、その 6 試行 1 セットを 10 回繰り返し提示した。なお、各セット内の試行の順序はランダムであった。実験参加者には左上から右下にかけて、なるべく早く正確に数えるよう教示した。これは、空間記憶課題の刺激提示に近づけるためであった。指差条件では指でディスプレイを指しながら「O」の数を数えた。



図 3 計上課題の概略図。半数の試行 (30 試行) で空間記憶課題で学習した刺激布置であった。

計上が終わるとすばやく左手でキーボードのキーを押すことで反応するよう求めた。反応後、「O」と「Q」が提示されていた位置には* (アスタリスク) が提示され、ディスプレイは「O」の数を報告する画面となった (図 4)。アスタリスクを提示したのは、反応後に数えたり確認したりするのを防ぐためであった。



図 4 回答画面。マウスで上下の矢印をクリックし、「O」の数を報告した。刺激提示位置には「O」と「Q」の代わりに* (アスタリスク) が提示された。

3.1.3 実験計画

【空間記憶課題】

指差 (有・無) × 繰り返し数 (1-10) の 2 要因計画であった。

従属変数は正答数であった。

【計上課題】

計上時の指差 (有・無) × 刺激布置 (空間記憶課題指差あり布置・空間記憶課題指差なし布置・新奇布置) × 繰り返し数 (1-10) の 3 要因計画であった。

従属変数は計上時間であった。

3.2. 結果

3.2.1 空間記憶課題

空間記憶課題の平均正答数を図 5 に示す。指差 (有・無) × 繰り返し数 (1-10) の 2 要因分散分析を行った。指差要因の主効果 [$F(1, 8) = 5.81, p < .05$], 及び繰り返し数要因の主効果 [$F(9, 72) = 12.70, p < .001$] が見られた。交互作用は見られなかった [$F(9, 72) = 0.98, p > .1$]. 指差有り条件の方 (平均 7.8 個) が指差なし条件 (平均 6.8 個) に比べて有意に高い正答数であった。また、総じて繰り返し数が増えるほど高い正答数となった。

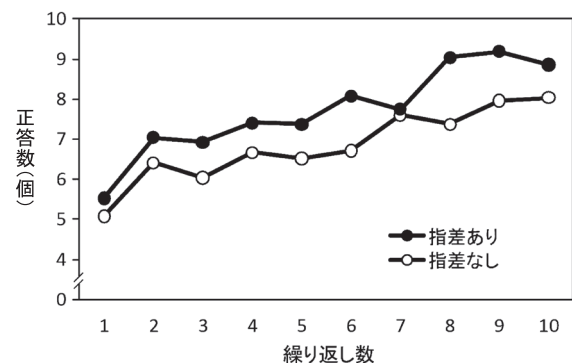


図 5 空間記憶課題の結果

3.2.2 計上課題

各実験参加者のデータの中から、報告数が間違っていた試行を除外し、残ったデータのうち平均値 ± 2SD の範囲にあるデータのみを分析に用いた。平均誤答率は指差あり条件で 4.26%, 指差なし条件で

4.35%であった。計上課題の平均計上時間を図6に示す。計上時の指差(有・無)×刺激布置(空間記憶課題指差あり布置・空間記憶課題指差なし布置・新奇布置)×繰り返し数(1-10)の3要因分散分析を行った。どの要因の主効果も交互作用も見られなかった(全ての $p > .10$)。

すなわち、

- ①指で一つずつ文字を確認しながら計上しても目視だけで確認しながら計上しても、その早さと正確さに差は見られない。
 - ②試行が増えても、計上時間の短縮は見られない。
 - ③10回の繰り返しでは、繰り返し提示される刺激布置に対する、文脈手がかり効果と同様の効果は見られない。また、このことは指差あり条件でも指差なし条件でも同じである。
- ということが示された。

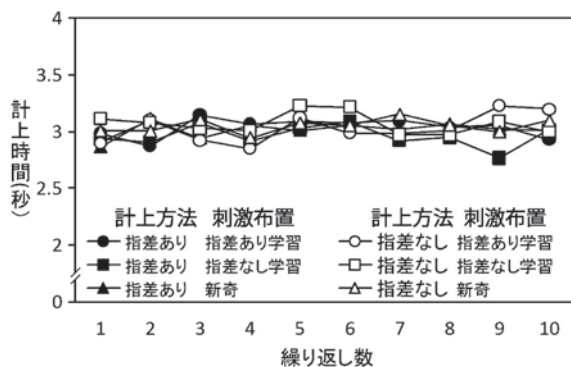


図6 計上課題の結果

4. 考察

4.1 空間記憶課題

指差を行わずに系列の学習を行った場合でも、学習回数が増加するにつれて記憶成績が向上した。さらに、指差を行いながら学習をした方が記憶成績は良く、指差を行うことで空間的記憶が促進されることが示され、仮説は支持された。この結果について、指差の運動記憶が視空間的記憶に促進的に働くと考えた。

一方で、指差を行うことが空間的な短期記憶の保持を促進するかを検討した先行研究においては、指差が必ずしも有効に働くわけではないことも示されている(Dodd & Shumborski, 2009)。ここで言う短期記憶とは数秒程度の記憶で、1回限りの記憶と

する。その理由として、指差を行うことが負担となり、心的資源を多く要することが考えられる。本研究では一般学生が実験参加者であった。これらの実験参加者は日頃から指差を用いたり、習熟しているとは限らない人たちである。Dodd & Shumborski (2009)で検討された短期記憶ではなく、本研究のような繰り返し提示される空間情報の学習において、指差に習熟し、指差を行うことの心的・身体的負担が少ないような人たち、例えば鉄道や原子力プラントで日々指差呼称を行っている人たち、を対象とした場合に、指差の効果がより大きくなる可能性も考えられる。

本研究では実験課題として実作業としての意味を特に持たせない対象の位置と順序について記憶することを求めた。一方、実際の場面では作業の必要性や合理性に基づき、様々なパターンの点検・確認作業が想定される。実作業場面では作業の意味を考えつつ、空間記憶を促進する指差呼称を行うことで、確認作業手順をより確実に記憶することができる可能性がある。その順番を身につけるために、指差行動が有効に働くことが示せたのではないだろうか。

また、本研究では同一系列の学習の繰り返し数は10回であったが、訓練や実務において何度も同じパターンの指差行動を行うことが、指差行動の自動化へとつながり、よりその効果を発揮することも考えられる。Hikosaka et al. (1999)では、順番に呈示される刺激に対してその順序を学習する際に、最初は視覚座標系での記憶によって課題が遂行されるが、学習の後半では運動座標系での記憶、動作の自動化によって課題が遂行されることが提案されている。ゆえに、訓練の時から、指差呼称を行いながら学習を行うことが良い効果をもたらすことが期待される。確認対象が普段と異なる配置になっている場合に、本来あるべき確認パターンの指差が自動化していれば、対象への指差行動が普段と異なる動きをしたことに気づき、確認対象の位置のずれにも気づくことになるだろう。ただし、動作の自動化はややもすれば確認作業に対する不注意を導く可能性があることに留意しなければならない。

4.2 計上課題

刺激布置の効果は見られなかった。すなわち、空間記憶課題で指差を行いながら学習した布置も目視だけで学習した布置も、毎回新奇な布置における計

上時間との間に有意な差を認めなかった。

また、計上時に指で確認しながら計上したかどうかについても、指差の促進的な効果は認められなかった。

空間記憶課題でよく学習された布置については、計上時に視線を向ける位置と順序が潜在的あるいは顕在的に記憶されており、正しい視線移動が促進されることによって、計上時間が短縮されると仮説を立てていた。また、その効果は空間記憶課題で指差を行った布置の方がより大きく表れると考えていた。しかしながら、仮説は支持されなかった。この原因として、

- ①空間記憶課題と計上課題の関連性が小さいこと
- ②視覚探索とは異なり、計上課題では文脈手がかり効果は現れないことを考えた。

①については、空間記憶課題ではボタンの提示時間間隔が1秒であり、視線移動もそれに伴って1秒に1回程度だったと考えられるのに対し、計上課題では実験参加者の視線を動かす速度はそれより早く、視線移動については課題間であまり関連性がなかったと考えられる。これは指差の動作についても同じことが考えられる。空間記憶課題では1秒に1回の指差行動であったが、計上課題では明確な指差行動というよりも、素早い滑らかな指の移動が行われたと考えられる。

②については、視覚探索課題では一つのターゲットを探索するのに対し、計上課題では全ての刺激について走査・確認が必要である。すなわち、探索課題では、走査中であっても周辺視野でターゲットが見つければそちらに視線を向ける、あるいは素早く反応できる。一方、本研究の計上課題では、ひとつひとつ確認し、0の個数を保持・更新しながら最後の刺激まで確認する必要があった。そのため、視覚探索課題における文脈手がかり効果と同様、仮に計上課題でも潜在的に刺激布置の記憶ができていたとしても、有効に使えなかった可能性もある。また、本研究の計上課題では、実験参加者に予めディスプレイの左上から右下にかけて文字を確認するよう教示した。これは空間記憶課題でそのような順序でボタンの位置と順序を学習したからであった。一方の視覚探索課題では実験参加者にそのような教示をすることは通常あまり見られない。

これらの違いが、文脈手がかり効果が見られなかった原因の一部だと考えられる。

4.3 結論と今後の展望

本研究では、空間的記憶への指差行動の影響についての基礎的実験を行った。空間記憶課題では実験参加者に位置と順番を覚えるよう教示し、顕在記憶を検討した。指差を行うことで空間的な記憶のパフォーマンスは向上した。計上課題では潜在記憶を検討した。指差や潜在記憶の効果は見られず、仮説を支持する結果が得られなかった。今後、空間記憶課題と同様の事態で、潜在記憶に対する指差の影響を検討することで、指差の効果の適用範囲を広げられると考えられる。

また、応用研究として今後は実際の確認作業状況により近い実験を行うことが必要である。例えば、

- ・タッチパネルディスプレイを用いて同様の実験を行い、新しいシステムにおいても指差の有効性を見出す
- ・時間制限を設け、急いだ状況での指差の有効性を見出す
- ・中長期の実験を行い、その効果の時間的推移を検討する

などが必要である。

引用文献

- Chun, M. M., & Jiang, Y. (1998). Contextual cueing: Implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive Psychology*, **36**, 28-71.
- Dodd, M. D. & Shumborski, S. (2009). Examining the influence of action on spatial working memory: The importance of selection. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **62**, 1236-1247.
- 芳賀繁・赤塚肇・白戸宏明 (1996). 「指差呼称」のエラー防止効果の室内実験による検証 産業・組織心理学研究, **9**, 107-114.
- 彦野賢・中村肇・川口潤・渡辺はま・中井雄介・牧子志津代 (2001). プラントにおける効果的な指差呼称のあり方に関する検討 (3) 日本人間工学会第 41 回大会講演集, 234-235.
- 彦野賢・中村肇・中井雄介・渡辺はま・牧子志津代・川口潤 (2002). プラントにおける効果的な指差呼称のあり方に関する検討 (4) —指差呼称経験者を被験者とした場合— 日本人間工学会第

43 回大会講演集, 512-513.

- Hikosaka, O., Nakahara, H., Rand, M.K., Sakai, K., Lu, X., Nakamura, K., Miyachi, S., & Doya, K. (1999). Parallel neural networks for learning sequential procedures. *Trends in Neuroscience*, **22**, 464-471.
- 飯山雄次 (1980). 視差唱呼の効用と応用—その科学的背景— 安全, **31** (12), 28-33.
- 清宮栄一・池田敏久・富田芳美 (1965). 複雑選択反応における作業方法と Performance との関係について—「指差・喚呼」の効果についての予備的検討— 鉄道労働科学, **17**, 289-295.
- Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H. L. Pick & E. J. Saltzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information* (pp. 137-157). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Posner, M. I., Snyder, C.R., & Davidson, B.J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, **109**, 160-174.
- 篠原一光・森本克彦・久保田敏裕 (2009). 指差喚呼が視覚的注意の定位に及ぼす影響 人間工学, **45**, 54-57.
- 塚田哲也・中村肇・川口潤・渡辺はま・中井雄介 (1999). プラントにおける効果的な指差呼称のあり方に関する検討 (1) 日本人間工学会第 29 回関東支部大会講演集, 32-33.
- 塚田哲也・中村肇・川口潤・渡辺はま・中井雄介 (2000). プラントにおける効果的な指差呼称のあり方に関する検討 (2) 日本人間工学会第 40 回大会講演集, 488-489.
- 渡辺はま・川口順・中井雄介・塚田哲也・彦野賢・中村肇 (2005). 記憶を要する作業場面における指差呼称の効果的活用に関する認知心理学的検討 人間工学, **41**, 237-243.