

## The Role of Self-to-Object Updating in Orientation-Free Performance on Spatial-Memory Tasks

M. J. Sholl & G. P. Bartels

JEP:LMC, 28(3), 422-436, 2002.

### 1. (イントロダクション)

---

空間記憶の方向特定性をめぐる議論 部屋サイズの空間的配置を、単一の視点から観察したとき、

- A. 知覚した向きと同じ向きを持った表象が記憶に貯蔵される?
- B. 視覚システムによって、方向特定のな入力から方向自由な表象が作られる?

この対立軸は、大空間の記憶についての下の対立に対応している:

- A. 空間記憶は、空間関係の(別々の視点から観察された)方向特定の記述の集まりである、という立場 (McNamara ら)
- B. 視点に縛られない統合的記述が存在するという立場 (Sholl ら)

方向特定性とは 空間表象が向きを持っていること。観察者の前方が表象の「上」になる。

方向特定の表象の存在は、整列効果から推論される。整列効果とは、対象の相対的位置の判断は、テスト時にひとが(実際に、ないし想像上で)向いている方向が学習時の方向と整列しているときのほうがかんたんになる、という現象のことである。

本研究の目的 部屋サイズの空間記憶に関しては、方向特定性を支持する説得的な証拠がある。しかしある種の条件のもとでは、被験者は、単一の視点から学習したのに、方向自由な表象にアクセスしているかのような成績を示す(つまり、整列効果を示さない)ことがある。

---

† web 公開版。小野 ono-shigeru@c.metro-u.ac.jp

本研究の目的は、方向自由な成績に寄与している認知メカニズムについて調べることである。

## 2.

## 空間記憶課題

---

標準的な課題 Presson&Hazelrigg(1984JEPL)のパラダイム:

- 学習サイトで、前方床に描かれた4点パスを30秒間学習する。
- 目隠しされ、車いすでテストサイトに移動される。
- 参照位置の指定。例:「あなたは1番にいて2番を向いています...」
- ...3番はどの方向ですか?」

参照位置がテストサイトと一致している場合を **on-path testing** , 一致していない場合を **off-path testing** と呼ぶことにする。

本研究では、地上の高さからみた  $13.4m^2$  大のパスについての記憶に焦点を絞る。

on-path と off-path のちがい on-path testing では方向自由的な成績が , off-path testing では方向特定の成績が得られるといわれている。もっとも , on-path の場合 , そもそも空間記憶から相対的方向を検索しているのではないと考えられる (後述)。

on-path の場合は , 被験者をテストサイトに動かす際 , 学習空間内をぐるぐるまわって , 被験者に定位を失わせようとする。しかし off-path の場合は , 離れた位置に直接動かしてしまうことが多い。

## 3.

## 更新仮説と仮想的見え仮説

---

方向自由的な成績を説明するために , Sholl らは , 更新仮説と仮想的見え仮説という2つの仮説を提出している。

どちらの仮説も , 学習サイトから on-path なテストサイトへの移動中に , 被験者がパスに対する相対的位置を自動的に更新しているという考え方を前提にしている。

### 3.1 自己-対象関係の更新

目隠しして歩く場合，近傍のランドマークに対する相対的位置は，継続的・自動的に更新されることがわかっている。いっぽう，目隠しして受け身に移動された場合については，体系的な研究がない。

### 3.2 更新仮説

on-path の場合 被験者はじつは定位を失っていなかったのだ(どうやって定位していたのかはよくわからないが)。被験者が方向自由的な成績を示すのは，身体に対するターゲットの相対的位置についての WM 表象を検索しているからだ。

off-path の場合 WM 表象が利用できないので，学習時につくられた方向特定の LTM 表象から，参照位置に対するターゲットの方向を引き出していたのだ。

### 3.3 仮想的見え仮説

on-path の場合 被験者は移動中に，ちゃんと定位を失っている。しかし，定位を失う時点までは，自己-対象関係の更新が行われている。さて，身体の向きを変えて空間を学習させると，それぞれの向きに応じて方向特定の LTM 表象ができることがわかっている。目を閉じていても，身体の向きが変わるたびに，パスの仮想的見え(いま目を開けたらなにがみえるかというイメージ)がたくさん生じ，それが LTM 表象を変化させるのだ。すなわち，

- 方向特定の LTM 表象がたくさんできたせいで，方向自由的な成績が得られたのかもしれない。
- 複数の仮想的見えから，単一の方向自由的な LTM 表象が算出されたのかもしれない。

off-path の場合 移動中に身体の向きが変わらないので，仮想的見えが生じないのだ。

### 3.4 要旨

Table 1 参照。

Table 1  
*A Schematic of the Working Memory (WM) and Long-Term Memory (LTM) Processes Engaged in the On-Path Version of the Spatial-Memory Task, According to the Virtual-Views and Updating Hypotheses*

Trial phase	Virtual-views hypothesis		Updating hypothesis	
	WM	LTM	WM	LTM
Study	Perceive actual view of the path	Store O-S rep.	Perceive actual view of the path	Store O-S rep.
Transport	S-T-O updating	Rep. modified by virtual views	S-T-O updating	Rep. unaltered during updating
Test <sub>pre</sub> <sup>a</sup>	Retrieve updated S-T-O rep. Disorientation		Retrieve updated S-T-O rep. Disorientation	O-F.
Test <sub>post</sub> <sup>a</sup>		Retrieve O-F rep.		Retrieve O-S rep.

*Note.* The time course of a typical trial is divided into a study phase, transport, and test phase. Skip the test<sub>pre</sub> row when following the time course for a test<sub>post</sub> trial. The shaded portions represent the retrieval process predicted by each hypothesis if test occurs at the time predicted by the other hypothesis. O-S = orientation-specific; S-T-O = self-to-object; O-F = orientation-free; rep. = representation.

<sup>a</sup> Test<sub>pre</sub> and test<sub>post</sub> refer to testing pre- and postdisorientation, respectively.

- 更新仮説:
  - 移動中に, WM 表象 (自己-対象関係) が更新されるが, LTM 表象は変わらない。
  - テストは定位喪失の前に行われていた。
- 仮想的見え仮説:
  - 移動中に, WM 表象 (自己-対象関係) が更新され, 仮想的見えがつくられ, それによって LTM 表象も変わる。
  - テストは定位喪失の後で行われていた。

4.

あらすじ

実験 1 off-path testing において，自己-対象関係の更新が可能な移動経路を用いる

実験 2 移動経路の複雑さを操作する

実験 3 実験 2 のテスト時に，学習空間への定位ができていたかどうか検証する

5.

方法概要

被験者 あまりに整列効果の大きい被験者が少数いたので (実験 1,2 の 6.5%)，分析から除いた。

刺激材料 4点パス。2セット，各4種類。

手続き 詳細略。(1) 学習 (30秒)，(2) 移動，(3) 「あなたは x にいて，{ 前/後 } に y があります。z の方向を指してください」。

パス (どちらかのセット，順序はランダム) × { 整列/反整列 } (順序は固定) = 8 試行。y,z の方向は { 整列/反整列 } 間でカウンターバランスする\*<sup>1</sup>

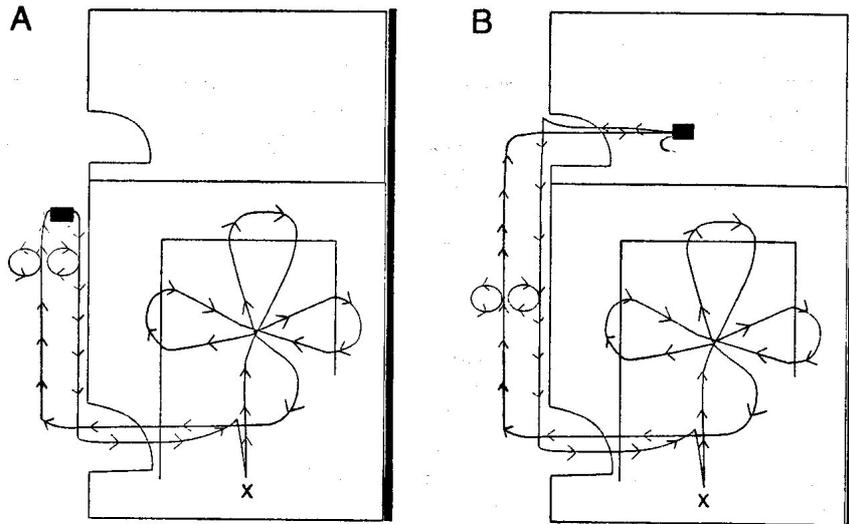
デザインと分析

- 実験 1: 性別 × 刺激セット × { 整列/反整列 } (被験者内)
- 実験 2-3: 性別 × 刺激セット × { 整列/反整列 } (被験者内) × 移動経路のターン数 {0/3}

従属変数は，反応時間と角度誤差 (絶対値)。刺激セットについての分析は報告しない。

\*<sup>1</sup> 「整列，y が後，z が前」という組み合わせと，「反整列，y が前，z が後」という組み合わせは，つくれないような気がするけど，どうなんだろう

概要 **Figure 1.** 室内でクローバー状に移動させる。テストサイトは室外，学習時から90度回転させる。WM表象は利用できないと考えられる。



*Figure 1.* A schematic illustration of the 3-turn cloverleaf trajectory used in Experiment 1 and of the trajectories followed in Procedures 1 (Panel A) and 2 (Panel B) to and from the test site. The study site is illustrated with an X, the test site is indicated with a small filled rectangle, and the cloverleaf trajectory is overlaid on a sample path within the test space.

予想

- 更新仮説 ... 更新された WM 表象が利用できないので，整列効果がみられる
- 仮想的見え仮説 ... たくさんの仮想的見えがつくられるので，整列効果はみられない

方法 N=14(男 7)。

結果 **Figure 2.** 誤差は女性のみで整列効果あり。反応時間は男女で整列効果あり。

考察 全実験の効果量をまとめておいたので見てね (Table 2)。

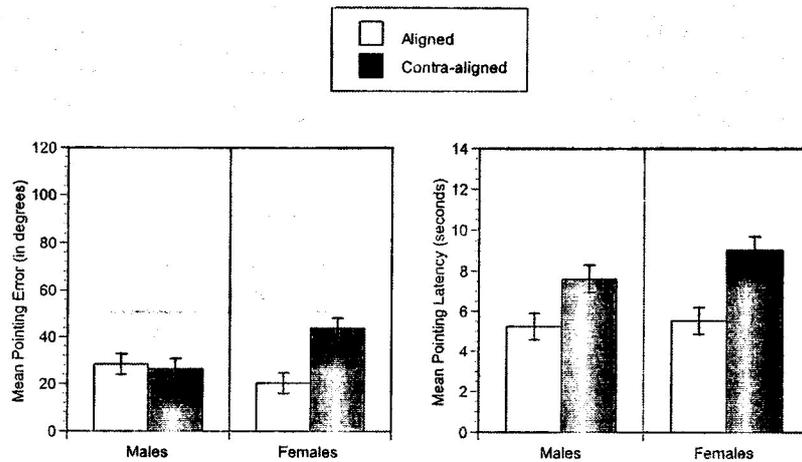


Figure 2. Mean pointing errors and latencies as a function of sex and alignment in Experiment 1. Error bars represent the standard error of the mean.

Table 2  
*Effect Sizes for Pointing Errors and Latencies as a Function of Test-Site Location (Off-Path, On-Path), Type of Test (Spatial Memory, Updating), the Complexity of the Trajectory (0 Turn, 3 Turn), and Sex, Across Experiments 1-3*

Sex	Off-path		On-path			
	Spatial memory (Experiment 1)		Spatial memory (Experiment 2)		Updating (Experiment 3)	
	RT	Error	RT	Error	RT	Error
3 turn						
Males	.46 <sup>a</sup>	-.06	-.05	-.18	-.67 <sup>a</sup>	-.30 <sup>a</sup>
Females	.60 <sup>a</sup>	.62 <sup>a</sup>	.34 <sup>a</sup>	.30 <sup>a</sup>	.20	-.38 <sup>a</sup>
0 turn						
Males			.21	.33 <sup>a</sup>	.13	-.13
Females			.25	.06	.17	.19

Note. RT = response time.

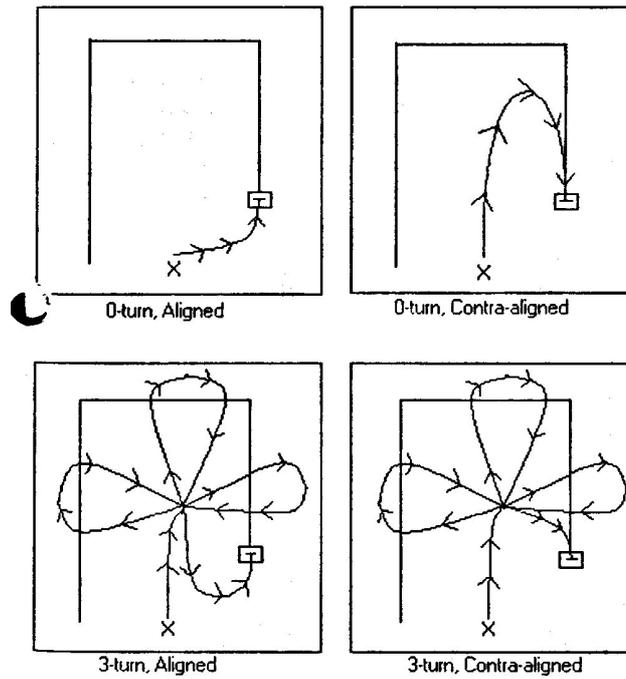
<sup>a</sup> Alignment effects that are significant at an alpha level of .05 or less.

女性の結果は更新仮説を支持したが、男性の結果ははっきりしない(時間はかかるが、整列効果は起こらない)。

off-path testing を用いた先行研究では、明確な整列効果が得られている。この研究と先行研究とのちがいは、移動経路ではないか。

方向特定性-方向自由性は程度の問題であろう。男性はその連続線上で、方向自由性に向かって少し進んでいるのではないか。

概要 **Figure 3.** on-path testing を用い，経路を操作する (180 度ターンが {0 回/3 回} )。



*Figure 3.* Schematic illustrations of sample 0-turn and 3-turn trajectories from the study site (marked with an X) to a test site (marked by an unfilled rectangle) in the aligned and contraaligned conditions of Experiments 2 and 3.

予想 **Table 3**(略)。0 ターンでは定位しているが，3 ターンすると定位が失われるだろうから，

- 更新仮説 ... 3 ターンのと看にのみ整列効果がみられる
- 仮想的見え仮説 ... 0 ターンなら WM が更新され，3 ターンならたくさんの仮想的見えがつくられるので，どのみち整列効果はみられない

方法 N=30(男 14)。

結果 **Figure 4-5.** 誤差は男性 0 ターン，女性 3 ターンで整列効果あり。反応時間は女性 3 ターンでのみ整列効果あり。

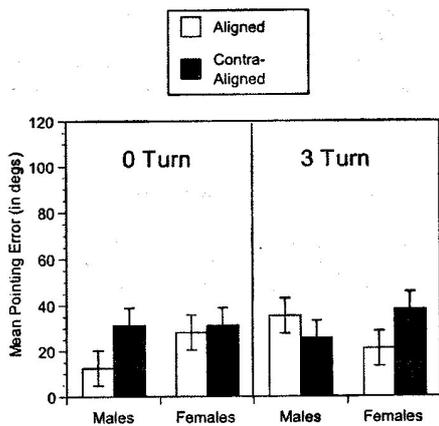


Figure 4. Mean pointing error as a function of type of trajectory, sex, and alignment in Experiment 2. Error bars represent the standard error of the mean. degs = degrees.

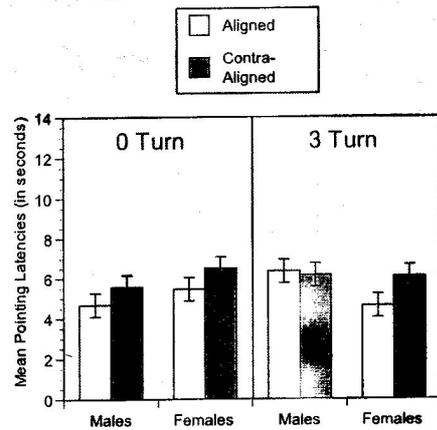


Figure 5. Mean pointing latency as a function of type of trajectory, sex, and alignment in Experiment 2. Error bars represent the standard error of the mean.

考察

男性では

- 0 ターンの場合，誤差で整列効果がみられた。反応時間でもその傾向はあった。
- 3 ターンの場合，整列効果はみられなかった。

自己-対象関係更新を通じて，方向自由的な表象がつけられたものと思われる。

ではなぜ，0 ターンでは WM 表象が使えなかった ( 1 ) のか？

女性では

- 0 ターンの場合，整列効果はみられなかった。ただし，反応時間で弱い効果がみられた。
- 3 ターンの場合，整列効果がみられた。

0 ターンでは更新された WM 表象が用いられ，3 ターンでは用いられなかったものと思われる。

ではなぜ，0 ターンの反応時間に弱い整列効果がみられた ( 2 ) のか？

8.

実験3

概要 実験2における「0ターンでは定位しているが、3ターンすると定位が失われる」という想定について検証する。

方法 N=24(男12)。(1)学習,(2)移動,(3)「zの方向を指してください」,(4)「ドアの方向を指さして下さい」。8試行終了後に、全体についての確信度を7段階評定。

結果 Figure 6-7. 誤差は:

- 3ターンのほうが大きかった。3ターン整列条件ではチャンスレベルの成績になった。
- 3ターンでは整列効果の逆の効果がみられた。
- 男女のちがいはなかった。

反応時間は:

- 男性3ターンでのみ、整列効果の逆の効果がみられた。

確信度は:

- 0ターンでは男性のほうが、3ターンでは女性のほうが、確信度が高かった。

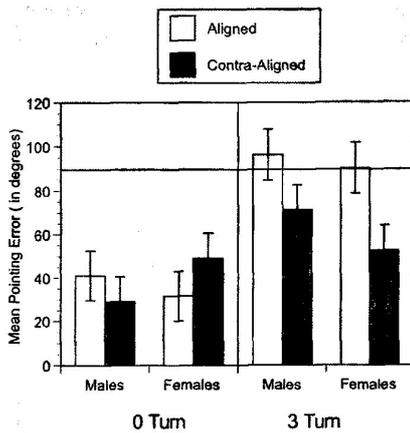


Figure 6. Mean pointing error as a function of type of trajectory, sex, and alignment in Experiment 3. The horizontal line represents random performance, and error bars represent the standard error of the mean.

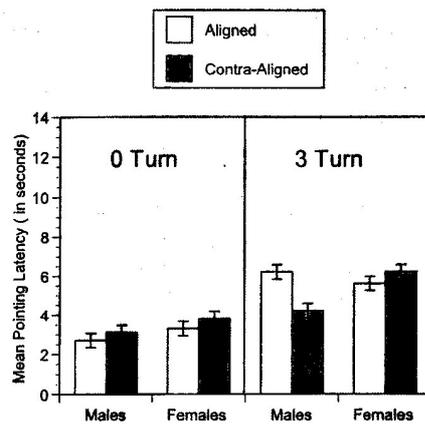


Figure 7. Mean pointing latency as a function of type of trajectory, sex, and alignment in Experiment 3. Error bars represent the standard error of the mean.

考察

0ターン，女性ではよく定位できているが，弱い整列効果がみられる。これは実験2の0ターンにおける弱い整列効果(2)に対応している。おそらく，反整列条件では180度まわるので，確信度が下がったのだろう。

0ターン，男性ではよく定位できており，整列効果もない。

実験2の0ターンにおける弱い整列効果(1)は依然として謎。考えられる理由は，

- LTM表象のせいだ... 仮想的見え仮説が正しい。0ターンでは十分な仮想的見えが作られていないので，LTM表象がまだ方向特定のなのだ。WM表象を使わない理由がわからない点が弱い。
- イメージのせいだ... 実験2の0ターンと3ターンは被験者間要因なので，方略が違ってしまっている。0ターンでは，学習時の視空間的イメージが手つかずに保持されている。自己対象関係の更新は注意の資源を必要とするが，視空間的イメージが資源を使っているため，そのぶん更新が阻害されたのだ。
  - 0ターンについてみると，実験2-整列，実験2-反整列，実験3-整列が正確。これは，なまじWM表象を更新しないほうが有利であることを示している\*2。
  - WMから相対的方向を算出するほうが，WMを更新するより簡単。

3ターン，男性では定位できていない。

実験2の結果(整列効果なし)と併せて考えると，仮想的見え仮説が支持される。

3ターン，女性では定位できていない。

実験2の結果(整列効果あり)と併せると，2通りの説明ができる。

- 更新仮説が正しい。定位できないので，LTM表象(方向特定の)を用いている。
- 定位できないと，視空間イメージ方略が用いられる。

---

\*2 苦しい説明だ...

男性では 結果は仮想的見え仮説に一致している。

- on-path 3 ターン (実験 2) で整列効果なし (効果量は, 誤差  $-.18$ , 反応時間  $-.05$ )。LTM 表象が方向自由だから。
- off-path 3 ターン (実験 1) で整列効果なし (誤差  $-.06$ )。ただし, 反応時間では整列効果がみられた ( $.46$ )。off-path であっても, 移動中に仮想的見えがつくられ, 部分的に方向自由的な LTM 表象がつくられたのだろう。
- 0 ターン (実験 2) で整列効果あり ( $.33, .21$ )。更新課題 (実験 3) の整列効果 ( $-.13, .13$ ) では説明できない。理由はあきらかでない (方向特定の表象は WM にあるのか, LTM にあるのか, その両方か)。( 1)

女性では 更新仮説に一致。

- off-path 3 ターン (実験 1) で整列効果あり (効果量は, 誤差  $.62$ , 反応時間  $.60$ )。ただし, 反応時間では整列効果がみられた ( $.46$ )。WM 表象が利用できない課題だから。
- on-path 3 ターン (実験 2) で弱い整列効果 ( $.30, .34$ )。定位が失われたから。定位を失うまでに方向自由な表象がつかれない理由はあきらかでない (WM 表象の更新しからないからか, 学習時の視空間的イメージを用いるからか)。( 2)
- 0 ターン (実験 2) で整列効果なし ( $.06, .25$ )。WM 表象のせい。

先行研究とのちがい 先行研究では

- 経路の複雑性が制御されていなかったなので, 定位が失われていなかった可能性がある。
- 極端な整列効果を示す少数の人が, 取り除かれていなかった。

## 9.1 性差

空間探索における性差との関係 目が見える状態での空間探索については、男性が定位方略・地理的手がかりを用い、女性がルート方略・ランドマーク的手がかりを用いる傾向があるといわれている。

いっぽう本研究では、定位方略を用いるうまさには差がないが(実験3)、男性のみが仮想的見えを方向自由な表象に統合していることが示された。

その理由について検討するためには、移動中の視空間 WM の使用について詳しく調べる必要がある。

移動中の心的プロセスと視空間 WM 一般に、視空間 WM は、空間 WM と物体視覚 WM とに分かれるといわれている。

本研究では、移動中の WM の使用として、

- 自己対象間関係の更新
- 複数の仮想的見えの統合
- パスの視空間的イメージのリハーサル

の3つのプロセスについて考えた。

空間記憶の形成に、複数のシステム・プロセスが関与しているのだとすると、次のような点が問題になるだろう:

- 3つのプロセスは、空間 WM と物体視覚 WM のあいだでどのように分布しているのか。
- 3つのプロセスが必要とする資源はなにか、それには性差があるか。
- 3つのプロセスは、同一の資源を競合して使うのか?

空間的統合における性差 仮想的見えの統合プロセスに関連した研究として、地図と実世界との統合に関する研究がある。

空間的統合は WM の制約をうけることがわかっている。視空間的 WM 容量には性差があるので、統合の能力に性差があることは不思議でない。

2003年11月12日 ..... 14

ただし、地図と実空間の統合と、仮想的見えの統合との異同は、あきらかでない。

心的回転の性差 心的回転に強い性差があることが知られている。男性は心的回転が得意なので、心的回転が必要な方略(視空間的イメージ方略)を好むのかもしれない。

## 9.2 要約

(略)

おわり