

空間学習時の視点と空間的メンタルモデル

浅村 亮彦

Perspective and Spatial Mental Models

Akihiko Asamura

Abstract

Perrig and Kintsch (1985) suggested that a spatial mental model constructed from the route perspective was different from that constructed from the survey perspective. Taylor and Tversky (1992) made an objection to their suggestion. The present study discusses which of the insistences is correct. The subjects learned a layout of a fictitious town either from a map, a route-text, or a survey-text. The route text described the layout with the route perspective, while the survey text and the map with the survey perspective. After the learning phase, the subjects made true-false judgments for a map-, a route-, and a survey-type of spatial descriptions made from parts of the learning materials. The result showed that the performance of route-text condition was superior to the other conditions for the map-type descriptions, the survey-text condition was inferior to the other for the route-type descriptions, and the route-text condition was inferior to the other for the survey-type descriptions. The results almost resembled that of Perrig and Kintsch (1985), suggesting a spatial mental model constructed from the route perspective could be different from that constructed from the survey perspective.

Keywords: cognitive maps, mental models, spatial perception, cognitive processes, perspectives

問題と目的

我々が空間を学習する場合、空間関係を捉える基準として視点 (perspective) が採られることが指摘されている。この視点には主に2つのものが考えられている (Franklin, 1996; Perrig & Kintsch, 1985; Taylor & Tversky, 1992)。1つは、対象空間内に自己を置き、空間内を移動しながら自己中心的に空間関係を捉える視点である (以下では、ルートの視点と呼ぶ)。この視点を採る場合、空間関係は1つの経路上でのつながりとして把握され、目的地の位置を現在位置からの移動手続きとして参照することができる。もう1つの視点は、対象空間の外に自己を置き、対象となる空間全体を俯瞰するかのよう空間関係を捉える視点である (以下では、サーヴェイ的視点と呼ぶ)。

この視点を探る場合、空間全体の中で、南北軸と東西軸のような2つの基本軸上で空間関係を参照することができる。我々が日常的に行う代表的な空間学習としては、空間内の移動と地図観察が挙げられるが、前者では主にルートの視点が採られるのに対して、後者では主にサーヴェイ的視点が採られる、ということになるであろう。

学習時の視点が異なることによって、学習者の心内に形成される空間的メンタルモデルの性質が異なってくることを示唆する研究は多い (Levine, Jankovic, & Palij, 1982; Presson & Hazelrigg, 1984; Presson, DeLange, & Hazelrigg, 1989; Sholl, 1987; Thorndyke & Hayes-Roth, 1982)。たとえば、Presson and Hazelrigg (1984) は、空間内を移動することによって学習した場合には整列効果 (alignment effect) が認められないのに対して、地図を観察することによって学習した場合にはそれが認められることを示した。整列効果とは、学習時に基準としていた向きと同じ向きで空間内の地点間の位置関係を推論する場合の方が、異なる向きで推論する場合よりも、その成績が優れるという現象である。彼らは、この実験結果を、空間内移動による学習から形成された空間的メンタルモデルには基準となる向きがないのに対し、地図観察による学習から形成されたそれには基準となる向きがあることを示唆すると解釈している。この実験結果と解釈を支持する研究は多い (たとえば, Levine *et al.*, 1982; Sholl, 1987)。また、Thorndyke and Hayes-Roth (1982) は、空間内移動から空間を学習した群は地点間を結ぶ経路の距離推定と自己の位置を起点とした方向関係推定に優れているのに対して、地図観察から学習した群は地点間の直線距離推定と平面上での地点間の位置関係推定に優れていることを実験的に示した。この結果から、彼らは、空間内移動による学習からは移動行動を内化した手続き的な空間的メンタルモデルが形成されるのに対して、地図観察による学習からは空間配置全体を平面的に表象した空間的メンタルモデルが形成されると主張している。

さて、以上の先行研究では、移動経験や地図を見る経験を空間学習として扱っていたが、文章を読むことによって空間が学習された場合における、学習時の視点と空間的メンタルモデルの性質との関係を検討する実験も行われてきている (Langer, Keenan, & Nelson, 1991; Perigg & Kintsch, 1985; Taylor & Tversky, 1992)。しかしながら、この場合の実験結果は必ずしも一致してはいない。

たとえば、Perigg and Kintsch (1985) の実験結果は、被験者がルートの視点で表現された文章 (以下、ルートの文章と呼ぶ) から空間を学習した場合にはルートの視点で表現された文の真偽判断に優れており、サーヴェイ的視点で表現された文章 (以下、サーヴェイ的文章と呼ぶ) から学習した場合には、サーヴェイ的視点で表現された文の真偽判断に優れているというものであった。彼らは、この結果から、文章を読むことから空間が学習される場合にも、学習時の視点が基準となって空間的メンタルモデルが形成されると主張している。

それに対して、Taylor and Tversky (1992) は、Perigg and Kintsch (1985) の追試的实验を行い、読んだ文章と同じ視点で表現された文の真偽判断成績と、異なる視点で表現された場合のそれとの間にほとんど違いが認められないという結果を得た。彼らは、この結果から、文章を読むことから空間が学習される場合は、学習時の視点にかかわらず、等質な空間的メンタルモデルが形成されると主張している。

このように、文章から空間学習が行われる場合に関しては、空間学習時の視点が、空間的メンタルモデルの性質に影響を与えるのか否か、2つの対立する考えが提出されている状況にある。

本研究の目的は、Perigg and Kintsch (1985) および Taylor and Tversky (1992) の実験を再吟味することによって、これら2つの主張のどちらが妥当であるのかを検討することである。すなわ

ち、文章から空間的メンタルモデルが形成される場合に、ルートの視点とサーヴェイ的視点から形成された空間的メンタルモデルが異質であるのかどうかについて結論を導くということである。この目的を達成するために、まず、これら2つの先行研究で採られた方法の違いが、それらの実験結果に影響を及ぼしていたのかどうかを検討しておくことにする。

まず、2つの実験で用いられていた学習対象の違いを見てみよう。Perigg and Kintsch (1985)では街並みのような比較的大規模な空間のみを学習対象としていたが、Taylor and Tversky (1992)では、大規模な空間と、屋内の施設のような比較的小規模な空間の両方を学習対象としており、しかもそれら両者に対する実験結果を込みにして分析していた。比較的小規模な空間内では、上述の2つの視点とはまた異なる、自己を起点とし、自己の身体軸（上下軸、前後軸、そして左右軸）上で空間関係を認識し得ることも指摘されている（Bryant, Tversky, & Franklin, 1992）。このような可能性も含めて、空間の規模が異なった場合、被験者の課題の遂行方法に何らかの違いが生じる可能性は十分に考えられる。つまり、Perigg and Kintsch (1985)の実験とTaylor and Tversky (1992)のそれとでは、課題の形式自体は同じであるが、被験者の課題遂行の方法に違いがあったために、異なる実験結果が得られた可能性があるということである。Perigg and Kintsch (1985)の実験結果を吟味するのであれば、Taylor and Tversky (1992)は実験対象を彼らの実験対象と同等の規模に揃えるべきであったと言える。

さらに、これら2つの実験の間には、記憶負荷の大きさが異なるという違いもあった。Perigg and Kintsch (1985)では、13の要素から構成される空間を、非位置的な情報も含めて、平均214語で説明していた。それに対して、Taylor and Tversky (1992)では、10の要素から構成される空間を、非位置的な情報を含めて、平均417.75語で説明していた。また、Taylor and Tversky (1992)では、Perigg and Kintsch (1985)とは異なり、文間の結束性を高めるような工夫を施していた。そうした違いからか、これら2つの実験における学習対象空間の記憶の正確さには違いがあった。すなわち、Perigg and Kintsch (1985)では、学習対象空間の地図を描かせる課題での誤りや情報の欠落が、構成要素全体の34%にも及んでいるのに対して、Taylor and Tversky (1992)では多い場合でも約17%であり、平均して約10%と少なかった。この結果から考えると、Perigg and Kintsch (1985)の実験での記憶の負荷が、Taylor and Tversky (1992)の実験でのそれよりも大きく、被験者にとってそれが非常に難しい学習材料になっていた可能性が考えられる。

以上のような点を考慮して、本研究では、Taylor and Tversky (1992)が用いていた作成方法を踏襲し、彼らと同程度の難しさで、同程度の構成要素数を含む空間を説明する文章材料を作成し、そして、学習対象空間をPerigg and Kintsch (1985)と同様に、比較的大規模な空間（街並み）に限定することとした。また、被験者に与える課題は、Perigg and Kintsch (1985)およびTaylor and Tversky (1992)と同様のものとするに決めた。このような方法を用いる実験を行い、学習時とは異なる視点で表現された空間関係に対する判断成績よりも、同じ視点で表現されたそれに対する成績の方が優れるという結果が得られたならば、学習時にルートの視点が採られる場合にはルートの視点を基準とした空間的メンタルモデルが、そしてサーヴェイ的視点が採られる場合にはサーヴェイ的視点を基準とした空間的メンタルモデルが形成される、という考えが支持されることになる。

なお、本研究では、これらの設定の他に、学習条件として地図から学習する条件も設定し、さらに、空間関係の判断では、文だけではなく、地図的に表現された空間関係も含めることにした。地図はサーヴェイ的視点で空間関係を表現したものであり、地図から学習する条件とサーヴェイ

的文章から学習する条件で、ルートの視点で表現された空間関係に対する判断成績が劣っているのであれば、学習媒体の違いにかかわらず、学習時の視点を基準とした空間的メンタルモデルが形成される可能性が示唆されると言えるであろう。

方 法

被験者

北海道大学および北星学園大学の学部学生24名が実験に参加した。

材料

本実験では、被験者に、異なる3つの架空の街並みを、それぞれ異なる3つの学習材料から学習させる。そして、被験者には、それぞれの街並みの学習後に学習した街並み内の位置関係の真偽判断を遂行させ、その後、その街並みの地図を作成させる。すなわち、被験者は、3つの異なる街並みについて、学習、真偽判断、そして地図作成という一連の手続きを3回繰り返すわけである。

学習材料. 3つの架空の街並みが設定された。これら3つの街並みは、記憶すべき情報量が同程度となるよう設定されており、いずれの街並みも5つの道路、1本の線路、そして6つの建造物から構成されていた。これら3つの街並みそれぞれについて、ルートの文章、サーヴェイ的文章、そして地図の3種類の学習材料を作成した (Table 1を参照されたい)。3つの街並みについて3種の学習材料が作成されたので、全部で9つの学習材料が存在することになるが、異なる3つの街並みを異なる種類の学習材料から学習させるため、各被験者にはこれら9つのうち、3つの学習材料が呈示されることになる。なお、これら9つの学習材料が被験者全体で均等の頻度で用いられるように、呈示の組み合わせを設定している。

ルートの文章は、あたかも特定の経路を移動するかのように、自己中心的な方向指示語 (“前”, “左”, および “右”) を用いて建造物の空間関係を説明する文章である。また、この文章は、Taylor and Tversky (1992) と同様に、前文で述べられている建造物名あるいは道路名を参照するように作成している。サーヴェイ的文章は、あたかも街並みを俯瞰するかのように、方向指示語に絶対方位を用いて空間関係を説明する文章である。この文章は、道路構成を説明した後に、建造物の位置を各道路ごとに説明するという構造で作成されている。ルートの文章およびサーヴェイ的文章では、距離を表現する単位として “メートル” が用いられている。そして、各街並みのルートの文章の文字数は平均して約552文字、そしてサーヴェイ的文章の文字数は平均して約565文字となっている。また、地図は、建造物を点、道路を直線で表現しており、北の方角および縮尺を示している。

学習材料の呈示は、パーソナルコンピュータによって制御され、学習が完了するまでの時間が秒単位で計測された。また、いずれの学習材料についても、学習制限時間は20分間に設定されていたが、制限時間に達する前に学習が完了した場合は、所定のキーを押すことによって、学習材料の呈示を終了させること、そして、学習材料が文章である場合は、学習材料を読む回数は制限されていないことが教示された。

Table 1
Examples of learning materials used in the experiment

学習材料の種類	学習材料の例
ルートの文章	<p>石川町に行くには、左右に横切る線路を越えるところまで、国道430号を北へ走る。線路を過ぎるとすぐに、右手に駅前通りが延びているのが見える。これで、石川町への到着である。国道430号を右に曲がって駅前通りに入ると、すぐ左手にデパートが見える。デパートを左手に過ぎて、駅前通りを500mほど直進すると、右手に駅が見える....（中略）....左手に病院を過ぎて、錦通りを500mほど直進すると、右手にレストランが見える。また、錦通りはここで国道430号にぶつかって終わる。錦通りを右に曲がって国道430号に入り、直進すると石川町を離れることになる</p>
サーヴェイ的文章	<p>石川町は、4つの道路に囲まれた配置になっており、それらが町の境界線となっている。西の境界線は、南北に走る国道430号である。北の境界線は、国道430号から東西に走る1kmほどの錦通りである....（中略）....マンションは錦通りの東端の北西側にある。駅前通り沿いにはデパートと駅の2つの目印がある。デパートは駅前通りの西端の北東側にある。駅は駅前通りの中央、大通りとの交差点の南側にある。平和通り沿いには小学校がある。小学校は平和通りの南端の北東側にある。</p>
地 図	

空間推論課題. 被験者には、街並みの記憶内容の特性を検査するために、学習対象となった街並み中に存在した建造物の空間関係を表現した文あるいは図の真偽を、可能な限り速く判断させる課題が与えられた。この課題のことを、以下では空間推論課題と呼ぶこととし、真偽判断の対象となった文あるいは図のことを、以下ではテスト記述と呼ぶこととする。本課題において用いられたテスト記述は次の3種類であった。1つは、ルートの視点で空間関係を表現したルートの

テスト記述であり、もう1つは、サーヴェイ的視点で空間関係を表現したサーヴェイ的テスト記述であり、最後は、地図的に空間関係を表現した地図的テスト記述であった。

ルートのテスト記述は、たとえば“マンションを左手に過ぎて、錦通りを右に曲がって平和通りに入り、500mほど直進すると、左手に小学校が見える”といったように、移動の手続きとその手続きが完了した地点で見えるであろう建造物の空間関係を、自己中心的な方向を示す用語を用いた1文で表現している。サーヴェイ的テスト記述は、たとえば“小学校は病院の南東側にある”といったように、建造物間の空間関係を、方向指示語に絶対8方位を用いた1文で表現している。地図的テスト記述は、建造物の空間関係を、道路を直線、建造物を点とした俯瞰図で、北が上となるように表現している。ルートの、サーヴェイ的、および地図的テスト記述には、それぞれ24記述が含まれていた。これらの24記述の内訳はすべて同じであり、学習材料中から抜粋した1文あるいは地図の一部が6記述（すべて正しい内容）、学習材料中から抜粋した1文あるいは地図の一部に手を加えて誤った内容を表現したものが6記述、新たに作成された文で正しい内容を述べたものが6記述、そして新たに作成された文で誤った内容を述べたものが6記述となっていた。なお、この課題はパーソナルコンピュータによって制御されており、テスト記述に対する反応は、Yesキーか、あるいはNoキーを押すことによってなされた。そして、それぞれのテスト記述について、テスト記述が呈示されてから反応がなされるまでの時間（ミリ秒単位）および反応の正誤が記録された。

地図作成課題。 学習の正確さを確認するために、被験者には、学習対象となった街並みを地図として再現する課題も与えられた。この課題のことを、以下では地図作成課題と呼ぶこととする。

被験者は、空間推論課題の後にA4の用紙を与えられ、その用紙に学習した街並みの地図を作成するよう求められた。その際、被験者には記憶していることを可能な限り詳細に表現するよう教示が与えられた。

計画と手続き

一人の被験者を、地図から空間を学習する条件、ルートの文章から学習する条件、そしてサーヴェイ的文章から学習する条件のすべてに割り当てるために、異なる3つの街並みを、それぞれ異なる学習材料によって学習させる手続きを設定した。具体的には、同じ街並み、同じ種類が繰り返されることがないように学習材料の組み合わせを設定し、それらの学習の呈示順序は被験者間でランダムとした。これにより、学習材料条件は被験者内要因となる。そして、すべての学習材料条件で、空間推論課題と地図作成課題とを遂行させることにより、各課題成績の分析において、この学習材料条件間の差を検討することができる。

被験者は個別に実験に参加した。まず、被験者は実験手続きの概要を説明された。その後、1回目の学習材料が呈示された。学習の完了後、被験者は、空間推論課題を遂行した。空間推論課題の完了後、被験者は地図作成課題を遂行した。この一連の手続きが終わった後、10分程度の休憩をはさんで、被験者は1回目とは異なる学習材料から異なる街並みを学習した。そして、空間推論課題、地図作成課題の順序で課題を遂行した。その後、再び1回目および2回目とは異なる学習材料から異なる街並みを学習し、同じ課題を同じ順序で遂行した。

結 果

空間学習に要した時間の学習材料条件間の差異

学習材料条件ごとに、空間学習に要した時間の平均を算出したところ、ルートの文章条件では661.33秒（標準偏差207.08）、サーヴェイの文章条件では680.0秒（標準偏差257.56）、そして地図条件では357.58秒（標準偏差229.18）であった。これらの平均について学習材料条件の一要因で分散分析を行った結果、主効果が有意であった（ $F_{(2,45)}=33.39, p<.001$ ）。この学習材料条件間の違いを明確にするために、有意水準5%でHSD検定を行ったところ、サーヴェイ的文章条件と地図条件間、そしてルートの文章条件と地図条件間に有意差が認められた。すなわち、ルートの文章条件およびサーヴェイ的文章条件の学習時間が、地図条件のそれよりも長かった。

地図作成課題における学習材料条件間の差異

地図作成課題の正確さを学習材料条件間で比較するために、被験者が作成した地図の正確さを得点化した。その方法は、それぞれの地図ごとに、地図中に表現された建造物、道路、および線路については、名称なども含めて正しく表現できている場合に1点、位置的には正しいが、名称や接続状態などが誤っている場合には0.5点とし、それらの総計を得点とする、というものであった（14点満点）。この得点の学習材料条件ごとの平均は、ルートの文章条件で12.50（標準偏差2.40）、サーヴェイ的文章条件で12.31（標準偏差1.89）、そして地図条件で12.92（標準偏差1.18）であった。これらの平均値について学習材料条件の一要因で分散分析を行った結果、主効果は有意ではなかった（ $F_{(2,46)}=1.45, n.s.$ ）。

空間推論課題の各テスト記述に対する成績の学習材料条件間の差異

Perrig and Kintsch (1985) および Taylor and Tversky (1992) では、真のテスト記述に対する反応を分析対象とし、偽のテスト記述に対する反応は分析対象としていなかった。また、これらの先行研究で分析された反応時間は、正反応に対する反応時間をテスト記述の音節数で割った値であった。本実験の目的はこれらの先行研究の結果を再吟味することであるので、空間推論課題の結果の分析にあたっては、上記の先行研究の分析手法を可能な限り踏襲することとした。

空間推論課題の結果の分析では、反応時間と正答率を分析指標とした。どちらの指標についても、分析対象となる要因は、学習材料条件（ルートの文章条件、サーヴェイ的文章条件、そして地図条件、以下それぞれRoute Text, Survey Text, そしてMapと呼ぶ）、テスト記述の種類（ルートの、サーヴェイ的、そして地図的、以下それぞれRoute Probe, Survey Probe, そしてMap Probeと呼ぶ）、そしてテスト記述の新奇性（学習材料の一部から作成したテスト記述と新たに作成したテスト記述、以下それぞれOldとNewと呼ぶ）の3要因である（Table 2およびTable 3を参照されたい）。ただし、反応時間については、ルートのテスト記述とサーヴェイ的テスト記述の場合は反応時間を音節数で割った値であるが、地図的テスト記述の場合は何も操作しない反応時間であり、テスト記述の種類によって換算単位が異なっている。そこで、反応時間の分析にあたっては、ルートのテスト記述およびサーヴェイ的テスト記述を対象とした分析と地図的テスト記述を対象とした分析とに分割し、前者の分析では、3（学習材料条件：Route Text, Survey Text, そしてMap）×テスト記述の種類：Route ProbeとSurvey Probe）×2（テスト記述の新奇性：OldとNew）の分散分析を適用し、後者の分析では、3（学習材料条件：Route Text, Survey Text, そしてMap）

Table 2
Mean reaction times per syllables (in milliseconds) for route and survey types of true test probes, mean reaction times (in milliseconds) for map type of true test probes on each learning conditions in the experiment

Learning conditions	Types of test probes					
	Route type		Survey type		Map type	
	New	Old	New	Old	New	Old
Route text	162.49	133.56	314.39	292.71	3605.50	3248.55
Survey text	160.69	180.22	286.52	231.26	3660.26	3686.03
Map	151.59	173.14	264.35	256.74	3373.50	3315.67

“New” means the test probes which were not included in the learning materials, “Old” means the test probes which were parts of the learning material.

Table 3
Percentage of correct judgements and standard deviations for true test probes on each learning conditions in the experiment

Learning conditions	Types of test probes					
	Route type		Survey type		Map type	
	New	Old	New	Old	New	Old
Route text	.93	.93	.87	.84	.81	.93
Survey text	.87	.79	.88	.94	.78	.92
Map	.90	.94	.96	.90	.81	.97

“New” means the test probes which were not included in the learning materials, “Old” means the test probes which were parts of the learning material.

× 2 (テスト記述の新奇性: OldとNew) の分散分析を適用することとした。そして、正答率では、反応時間の場合とは異なってテスト記述の種類による換算単位の違いはないので、正答率の分析にあたっては 3 (学習材料条件: Route Text, Survey Text, そしてMap) × 3 (テスト記述の種類: Route Probe, Survey Probe, そしてMap Probe) × 2 (テスト記述の新奇性: OldとNew) の分散分析を適用することとした。

反応時間の分析. Route ProbeおよびSurvey Probeの分析では、学習材料条件の主効果は有意ではなかったが ($F_{(2,46)}=0.72$, *n.s.*), テスト記述の種類的主効果が有意であり ($F_{(1,23)}=212.06$, $p<.001$), Survey Probeの反応時間がRoute Probeのそれよりも長いことが示された。また、テスト記述の新奇性的主効果も有意であり ($F_{(1,23)}=9.54$, $p<.01$), Newの反応時間がOldのそれよりも長いことが示された。

交互作用については、そのすべてが有意であった ($F_{(2,46)}=9.33$, $F_{(2,46)}=3.62$, $F_{(2,32)}=19.31$, $F_{(2,46)}=6.25$, それぞれ学習材料条件とテスト記述の種類との交互作用, 学習材料条件とテスト記述の新奇性との交互作用, テスト記述の種類とテスト記述の新奇性との交互作用, そして学習材料条件, テスト記述の種類, そしてテスト記述の新奇性の3要因の交互作用, それぞれ $p<.001$, $p<.05$, $p<.001$, $p<.01$).

学習材料条件とテスト記述の種類との交互作用が有意であったので、単純主効果の検定を行った。まず、学習材料条件ごとにテスト記述の種類の単純主効果を検定したところ、すべての学習材料条件でテスト記述の種類の単純主効果が有意であり ($F_{(1,69)}=156.56$, 49.27 , 61.54 , それぞれ Route Text, Survey Text, そして Map, いずれも $p<.001$), すべての学習材料条件で Survey Probe の反応時間が Route Probe のそれよりも長いことが示された。次に、テスト記述の種類ごとに学習材料条件の単純主効果を検定したところ、Route Probe では学習材料条件の単純主効果が有意ではなかったが ($F_{(2,92)}=1.09$, *n.s.*), Survey Probe では学習材料条件の単純主効果が有意であった ($F_{(2,92)}=5.65$, $p<.01$)。そこで、Survey Probe における学習材料条件間の違いを明確にするために、有意水準5%でHSD検定を行ったところ、Route TextとSurvey Text間、そしてRoute TextとMap間に有意差が認められた。すなわち、Route Textの反応時間がSurvey TextおよびMapのそれよりも長いことが示された。

学習材料条件とテスト記述の新奇性との交互作用が有意であったので、単純主効果の検定を行った。まず、学習材料条件ごとにテスト記述の新奇性の単純主効果を検定したところ、Route Text および Survey Text では、テスト記述の新奇性の単純主効果が有意であり ($F_{(1,92)}=13.08$, 1.00 , それぞれ Route Text と Survey Text におけるテスト記述の新奇性の単純主効果, それぞれ $p<.001$, $p<.05$), どちらの場合も New の反応時間が Old のそれよりも長いことが示されたが、Map ではテスト記述の新奇性の単純主効果は有意ではなかった ($F_{(1,92)}=0.19$, *n.s.*)。次に、Old と New ごとに学習材料条件の単純主効果を検定したところ、どちらの場合も学習材料条件の単純主効果は有意ではなかった ($F_{(2,69)}=0.12$, 1.80 , それぞれ Old と New, いずれも *n.s.*)。

テスト記述の種類とテスト記述の新奇性との交互作用が有意であったので、単純主効果の検定を行った。まず、テスト記述の種類ごとにテスト記述の新奇性の単純主効果を検定したところ、Route Probe ではテスト記述の新奇性の単純主効果は有意ではなかったが ($F_{(1,46)}=0.16$, *n.s.*), Survey Probe ではテスト記述の新奇性の単純主効果が有意であり ($F_{(1,46)}=15.97$, $p<.001$), New の反応時間が Old のそれよりも長いことが示された。次に、Old と New ごとにテスト記述の種類の単純主効果を検定したところ、どちらの場合もテスト記述の種類の単純主効果が有意であり ($F_{(1,46)}=82.64$, 144.54 , それぞれ Old と New におけるテスト記述の種類の単純主効果, いずれも $p<.001$), どちらの場合も Survey Probe の反応時間が Route Probe のそれよりも長いことが示された。

学習材料条件, テスト記述の種類, そしてテスト記述の新奇性の3要因の交互作用が有意であったので、単純交互作用の検定を行った。まず、学習材料条件ごとにテスト記述の種類とテスト記述の新奇性との単純交互作用を検定したところ、Route Text ではテスト記述の種類とテスト記述の新奇性との単純交互作用は有意ではなかったが ($F_{(1,69)}=0.00$, *n.s.*), Survey Text および Map ではテスト記述の種類とテスト記述の新奇性との単純交互作用が有意であった ($F_{(1,69)}=23.73$, 4.60 , それぞれ Survey Text と Map におけるテスト記述の種類とテスト記述の新奇性との単純交互作用, それぞれ $p<.001$, $p<.05$)。次に、テスト記述の種類ごとに学習材料条件とテスト記述の新奇性との単純交互作用を検定したところ、Route Probe では学習材料条件とテスト記述の新奇性の単純交互作用

が有意であったが ($F_{(2,92)}=5.66, p<.01$), Survey Probeでは学習材料条件とテスト記述の新奇性の単純交互作用は有意ではなかった ($F_{(2,92)}=3.03, n.s.$). 最後に, OldとNewごとに学習材料条件とテスト記述の種類との単純交互作用を検定したところ, どちらの場合も学習材料条件とテスト記述の種類との単純交互作用が有意であった ($F_{(2,92)}=14.14, 3.72$, それぞれOldとNewにおける学習材料条件とテスト記述の種類との単純交互作用, それぞれ $p<.001, p<.05$).

さらに, 有意であった単純交互作用ごとに, 単純・単純主効果の検定を行った. Survey Textにおけるテスト記述の種類とテスト記述の新奇性との単純交互作用について, まず, テスト記述の種類ごとにテスト記述の新奇性の単純・単純主効果を検定したところ, Route Probeではテスト記述の新奇性の単純・単純主効果は有意ではなかったが ($F_{(1,138)}=2.89, n.s.$), Survey Probeではテスト記述の新奇性の単純・単純主効果が有意であり ($F_{(1,138)}=23.14, p<.001$), Newの反応時間がOldのそれよりも長いことが示された. 次に, OldとNewごとにテスト記述の種類・単純主効果を検定したところ, どちらの場合もテスト記述の種類・単純主効果が有意であり ($F_{(1,138)}=11.64, 70.76$, それぞれOldとNewにおけるテスト記述の種類・単純主効果, いずれも $p<.001$), どちらの場合もSurvey Probeの反応時間がRoute Probeのそれよりも長いことが示された.

Mapにおけるテスト記述の種類とテスト記述の新奇性との単純交互作用について, まず, テスト記述の種類ごとにテスト記述の新奇性の単純・単純主効果を検定したところ, どちらの場合もテスト記述の新奇性の単純・単純主効果は有意ではなかった ($F_{(1,138)}=3.52, 0.44$, それぞれRoute ProbeとSurvey Probeにおけるテスト記述の新奇性の単純・単純主効果, いずれも $n.s.$). 次に, OldとNewごとにテスト記述の種類・単純主効果を検定したところ, どちらの場合もテスト記述の種類・単純主効果が有意であり ($F_{(1,138)}=31.24, 56.83$, それぞれOldとNewにおけるテスト記述の種類・単純主効果, いずれも $p<.001$), どちらの場合もSurvey Probeの反応時間がRoute Probeのそれよりも長いことが示された.

Route Probeにおける学習材料条件とテスト記述の新奇性との単純交互作用について, まず, 学習材料条件ごとにテスト記述の新奇性の単純・単純主効果を検定したところ, Route Textではテスト記述の新奇性の単純・単純主効果が有意であり ($F_{(1,138)}=6.34, p<.05$), Newの反応時間がOldのそれよりも長いことが示された. しかし, Survey TextおよびMapではテスト記述の新奇性の単純・単純主効果は有意ではなかった ($F_{(1,138)}=2.89, 3.52$, それぞれSurvey TextとMapにおけるテスト記述の新奇性の単純・単純主効果, いずれも $n.s.$). 次に, OldとNewごとに学習材料条件の単純・単純主効果を検定したところ, Oldでは学習材料条件の単純・単純主効果が有意であったが ($F_{(2,184)}=4.08, p<.05$), Newでは学習材料条件の単純・単純主効果は有意ではなかった ($F_{(2,184)}=0.22, n.s.$). Oldにおける学習材料条件間の違いを明確にするために有意水準5%でHSD検定を行ったところ, Route TextとSurvey Text間に有意差が認められ, Survey Textの反応時間がRoute Textのそれよりも長いことが示された.

Oldにおける学習材料条件とテスト記述の種類との単純交互作用について, まず, 学習材料条件ごとにテスト記述の種類・単純主効果を検定したところ, すべての学習材料条件でテスト記述の種類・単純主効果が有意であり ($F_{(1,138)}=113.20, 11.64, 31.24$, それぞれRoute Text, Survey Text, そしてMapにおけるテスト記述の種類・単純主効果, いずれも $p<.001$), すべての場合で, Survey Probeの反応時間がRoute Probeのそれよりも長いことが示された. 次に, テスト記述の種類ごとに学習材料条件の単純・単純主効果を検定したところ, どちらの場合も学習材料条件の単純・単純主効果が有意であった ($F_{(2,184)}=4.08, 6.15$, それぞれRoute ProbeとSurvey Probe

における学習材料条件の単純・単純主効果,それぞれ $p<.05$, $p<.01$). Route Probeにおける学習材料条件間の違いを明確にするために,有意水準5%でHSD検定を行ったところ, Route TextとSurvey Text間に有意差が認められ, Survey Textの反応時間がRoute Textのそれよりも長いことが示された. Survey Probeにおける学習材料条件間の違いを明確にするために,有意水準5%でHSD検定を行ったところ, Route TextとSurvey Text間に有意差が認められ, Route Textの反応時間がSurvey Textのそれよりも長いことが示された.

Newにおける学習材料条件とテスト記述の種類との単純交互作用について, まず, 学習材料条件ごとにテスト記述の種類の単純・単純主効果を検定したところ, すべての学習材料条件でテスト記述の種類の単純・単純主効果が有意であり ($F_{(1,138)}=103.12, 70.76, 56.83$, それぞれRoute Text, Survey Text, そしてMapにおけるテスト記述の種類の単純・単純主効果, いずれも $p<.0001$), すべての場合で, Survey Probeの反応時間がRoute Probeのそれよりも長いことが示された. 次に, テスト記述の種類ごとに学習材料条件の単純・単純主効果を検定したところ, Route Probeでは学習材料条件の単純・単純主効果は有意ではなかったが ($F_{(2,184)}=0.22, n.s.$), Survey Probeでは学習材料条件の単純・単純主効果が有意であった ($F_{(2,184)}=4.06, p<.05$). Survey Probeにおける学習材料条件間の違いを明確にするために, 有意水準5%でHSD検定を行ったところ, Route TextとMap間に有意差が認められ, Route Textの反応時間がMapのそれよりも長いことが示された.

では, 次にMap Probeに対する分析結果を述べることにする. Map Probeの反応時間については, すべての主効果および交互作用が有意ではなかった ($F_{(2,46)}=0.84, F_{(1,23)}=1.20, F_{(2,44)}=1.58$, それぞれ学習材料条件の主効果, テスト記述の新奇性の主効果, そして学習材料条件とテスト記述の新奇性との交互作用, いずれも $n.s.$).

正答率の分析. 正答率の分析では, 各要因の主効果すべてが有意ではなかった ($F_{(2,46)}=2.42, F_{(2,46)}=0.78, F_{(1,23)}=3.60$, それぞれ学習材料条件の主効果, テスト記述の種類の主効果, そしてテスト記述の主効果, いずれも $n.s.$).

交互作用については, 学習材料条件とテスト記述の種類の交互作用およびテスト記述の種類とテスト記述の新奇性の交互作用が有意であったが ($F_{(4,92)}=2.88, F_{(2,46)}=15.21$, それぞれ学習材料条件とテスト記述の種類の交互作用およびテスト記述の種類とテスト記述の新奇性の交互作用, それぞれ $p<.05, p<.001$), 学習材料条件とテスト記述の新奇性の交互作用と, 学習材料条件, テスト記述の種類, そしてテスト記述の新奇性の3要因の交互作用は有意ではなかった ($F_{(2,46)}=15.21, F_{(4,92)}=1.96$, それぞれ学習材料条件とテスト記述の新奇性の交互作用, 学習材料条件, テスト記述の種類, そしてテスト記述の新奇性の3要因の交互作用, いずれも $n.s.$).

学習材料条件とテスト記述の種類との交互作用が有意であったので, 単純主効果の検定を行った. まず, 学習材料条件ごとにテスト記述の種類の単純主効果を検定したところ, Route Textではテスト記述の種類の単純主効果が有意ではなく ($F_{(2,138)}=1.62, n.s.$), Survey Textではテスト記述の種類の単純主効果が有意であり ($F_{(2,138)}=3.70, p<.05$), そしてMapではテスト記述の種類の単純主効果が有意ではなかった ($F_{(2,138)}=0.55, n.s.$). そこで, Survey Textにおけるテスト記述の種類間の違いを明確にするために, 有意水準5%でHSD検定を行ったところ, Route ProbeとSurvey Probe間に有意差が認められ, Route Probeの正答率がSurvey Probeのそれよりも低いことが示された. 次に, テスト記述の種類ごとに学習材料条件の単純主効果を検定したところ, Route Probeでは学習材料条件の単純主効果が有意であったが ($F_{(2,138)}=4.51, p<.05$), Survey ProbeおよびMap Probeでは学習材料条件の単純主効果が有意ではなかった ($F_{(2,138)}=2.19, 0.92$, それぞれSurvey ProbeおよびMap

Probeにおける学習材料条件の単純主効果、いずれも*n.s.*)。そこで、Route Probeにおける学習材料条件間の違いを明確にするために、有意水準5%でHSD検定を行ったところ、Route TextとSurvey Text間、そしてSurvey TextとMap間に有意差が認められ、Survey Textの正答率がRoute TextおよびMapのそれよりも低いことが示された。

テスト記述の種類とテスト記述の新奇性との交互作用が有意であったので、単純主効果の検定を行った。まず、テスト記述の種類ごとにテスト記述の新奇性の単純主効果を検定したところ、Route ProbeおよびSurvey Probeではテスト記述の新奇性の単純主効果が有意ではなかったが($F_{(1,69)}=0.49, 0.49$, それぞれRoute ProbeおよびSurvey Probeにおけるテスト記述の新奇性の単純主効果、いずれも*n.s.*)、Map Probeではテスト記述の新奇性の単純主効果が有意であり、Newの正答率がOldのそれよりも低いことが示された($F_{(1,69)}=29.03, p<.001$)。次に、OldとNewごとにテスト記述の種類別の単純主効果を検定したところ、どちらの場合もテスト記述の種類別の単純主効果が有意であった($F_{(2,92)}=3.28, 8.25$, それぞれOldとNewにおけるテスト記述の種類別の単純主効果、それぞれ $p<.05, p<.001$)。そこで、OldとNewごとに、テスト記述の種類間の違いを明確にするために、有意水準5%でHSD検定を行った。Oldでは、Route ProbeとMap Probe間に有意差が認められ、Route Probeの正答率がMap Probeのそれよりも低いことが示された。Newでは、Route ProbeとSurvey Probe、そしてSurvey ProbeとMap Probe間に有意差が認められ、Map Probeの正答率がRoute ProbeおよびSurvey Probeのそれよりも低いことが示された。

考 察

学習材料は難し過ぎなかったか

作成された地図の平均得点はすべての学習材料条件で高く、また学習材料条件間で有意な差は認められなかった。この結果からは、すべての学習材料条件で学習材料が難し過ぎたとは言えず、記憶の負荷が過度に大きくならないようにするという目標は達せられていたと考えられる。

学習時の視点と推論時の視点が一貫している反応の成績と一致していない反応の成績の違い

Taylor and Tversky (1992) が主張するように、学習時の視点が空間的メンタルモデル形成に際して基準とならないのであれば、各学習材料条件の成績は、すべてのテスト記述に対して同程度のはずである。それに対して、Perrig and Kintsch (1985) が主張するように、学習時の視点が空間的メンタルモデル形成のための基準となるのであれば、学習時と異なる視点のテスト記述に対する成績は、学習時と同じ視点のテスト記述に対する成績よりも劣るはずである。

空間推論課題における分析結果を踏まえてTable 2の反応時間およびTable 3の正答率の傾向を見ると、Map Probeに対する各学習材料条件の反応の間に大きな違いは見られないものの、Route ProbeおよびSurvey Probeに対する各学習材料条件の反応の間には違いが認められる。Route Probeに対しては、Survey Textの反応が他の2条件よりも正確さに欠けており、Survey Probeに対しては、Route Textの反応が遅くなっている。このような傾向は、OldおよびNewでも同様に見られるが、特にOldで際立っている。

以上の本実験の結果とPerrig and Kintsch (1985) およびTaylor and Tversky (1992) の実験結果とを比較すると、本実験の結果は、基本的にはPerrig and Kintsch (1985) の結果を再確認していると

言える。つまり、本実験の結果からは、Perrig and Kintsch (1985) の主張である、学習時の視点が基準となって空間的メンタルモデルが形成される、という考えが支持される。学習時とは異なる視点を基準とした空間的推論を行う場合に反応が遅くなったり、あるいは正答率が低くなるのは、空間的メンタルモデル内で保持された空間関係を推論の中で基準となっている視点で変換する、といった処理が要求されるためであろう。

ただし、本実験の地図条件では、Route Probeに対する反応が遅い、あるいは正確さに欠けるとは言えない結果が得られている。地図条件を設定したのは、学習媒体の違いにかかわらず、学習時の視点を基準とした空間的メンタルモデルが形成される可能性を調べるためであったが、地図条件で、学習時の視点を基準とした空間的メンタルモデルが形成されることは支持されなかった。しかし、見方を変えれば、地図条件の結果は、どのProbeに対しても、特に反応が遅かったり、あるいは正答率が低いということがなかったとも言える。地図条件の学習時間が、他の条件のそれよりもはるかに短いことから考えれば、地図から空間を学習することが、文章から学習する場合よりも容易であり、文章から学習する場合よりも、後の情報利用可能性が高い記憶表象を形成できたのかも知れない。そのために、本実験の地図条件では、他の学習材料条件よりも、空間推論課題に容易に対処できたことも考えられる。つまり、課題をより難しく設定すれば、学習時の視点を基準とした空間的メンタルモデルの形成を示唆する結果が得られる可能性も考えられるわけである。

引用文献

- Bryant, D.J., Tversky, B., & Franklin, N. (1992). Internal and external spatial frameworks for representing described scenes. *Journal of Memory and Language*, **31**, 74-98.
- Franklin, N. (1996). Language as a means of constructing and conveying cognitive maps. In J. Portugali (Ed.), *The construction of cognitive maps* (pp. 275-295). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Langer, P., Keenan, V., & Nelson, S. (1991). Sentence-order feedback during processing of sequential or spatial texts. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **29**, 31-32.
- Levine, M., Jankovic, I., & Palij, M. (1982). Principles of spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, **111**, 157-175.
- Perrig, W., & Kintsch, W. (1985). Propositional and situational representation of text. *Journal of Memory and Language*, **24**, 503-518.
- Presson, C.C., & Hazelrigg, M.D. (1984). Building spatial representations through primary and secondary learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, **10**, 716-722.
- Presson, C.C., DeLange, N., & Hazelrigg, M. D. (1989). Orientation specificity in spatial Memory: What makes a path different from a map of the path? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, **15**, 887-897.
- Sholl, M. J. (1987). Cognitive maps as orienting schemata. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, **13**, 615-628.
- Taylor, H. A., & Tversky, B. (1992). Spatial mental models derived from survey and route descriptions. *Journal of Memory and Language*, **31**, 261-292.
- Thorndyke, P.W., & Hayes-Roth, B. (1982). Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. *Cognitive Psychology*, **13**, 407-433.