

2014/3/29

空間的思考とその測り方

若林芳樹
(首都大学東京)

空間的思考とは？

NRC(2006): *Learning to Think Spatially.*

空間的概念に基づいて、空間的表現ツールを用いた推論を行い、問題を解決する過程

日常生活での空間的思考の例：

- 目的地までの道順を探す
- 鞆やトランクに荷物を詰める
- 自動車のチャイルドシートの据え付け（9割以上の車が不適切）
- 空間的比喩：ex."上り列車", "価格が上昇する"
- 図やグラフを使った説明
- 子どもの遊び：ex.折り紙, ボール投げ...Etc.



●2

空間的思考の要素 (NRC 2006)

① 空間的概念

- 空間的思考の基礎となる、距離、座標系、次元といった幾何学的側面から、空間を抽象化して理解すること

② 空間的表現ツール

- 地図、図表、グラフなどの表現ツールを利用して、情報を空間的に組織化し、理解し、伝達すること

③ 空間的推論過程

- 既存の情報から未知の事柄を空間的に推し量る高次の認知過程

【天気予報の事例】

- 今日の天気は大阪で晴れ、名古屋で曇り、東京は雨



- 地図（天気図）で各地の位置と天候を示す



- 明日の東京の天気は回復して晴れるだろう

•

•3

空間的思考と関連する諸概念



- 空間的リテラシー (spatial literacy)
 - グラフィカシー (graphicacy)



- 空間的思考
 - 空間的概念
 - 空間的表現
 - 空間的推論



- 空間的能力 (spatial abilities)

•

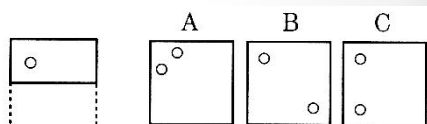
•4

基礎となる空間的能力

• 空間的能力の要素

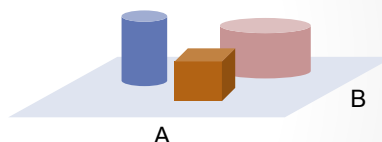
① 視覚化(visualization)

【例】四角い紙を折って穴を空けた後、紙を広げるとどのように見えるか？



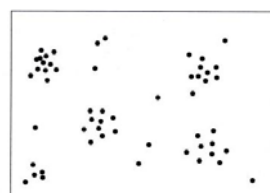
② 定位/見当識 (orientation)

【例】Bの位置から3つの物体はどう見えるか？



③ 空間的関係の把握 (spatial relation)

【例】点の分布にどのような特徴があるか？



• 5

空間的思考力テストの事例

- Lee and Bednarz (2009): 7タイプの質問から成る空間的技能テスト
- Lee and Bednarz (2012): 8タイプのテスト項目を設定して、16問からなるSTAT (Spatial Thinking Abilities Test)
- Huynh and Sharpe (2013): 30項目からなる地理空間的思考テスト
- Ishikawa (2013): 5項目の地理空間的思考テスト、STAT、空間的能力テストの結果の関連性

得られた知見：空間的思考は複数の要素からなる（単一の尺度では測れない）

•

•

日本版空間的思考力テストの作成

空間的思考力テストSTATの改良

- ① テスト項目の選定基準の明確化
 - Lee and Bednarz (2012)が成績の因子分析によって得た独立性の高い6因子に対応したテスト項目を選定
- ② 回答者の既有知識とスキルとの区別
 - 対象地域に対する既有知識に左右されないよう、素材の匿名性を高めることで空間的思考のスキルを知識と分けて捉える
- ③ テスト結果（成績）の定量化
 - 一つのテスト項目に三つずつの多肢選択課題を用意して、結果を定量化

日本版空間的思考力テスト（STAT-J）

- [Q1](#) 経路探索：言葉による道案内に基づいて地図上で経路探索を行う課題
- [Q2](#) 分布パターンの断面図：階級区分図の値をもとに、断面図のパターンを読み取る課題
- [Q3](#) 最適立地：3つの条件を充たす立地場所を選択肢から選ぶ課題
- [Q4](#) 分布図の相関関係：複数の分布図から、ある分布図と相関が最も高いものを選ぶ課題
- [Q5](#) 3次元画像の視覚化：2次元の等高線図の任意の地点から見える景色を想像する課題
- [Q6](#) 地図のオーバーレイ：2つの図形のブール演算から得られる図形を選ぶ課題

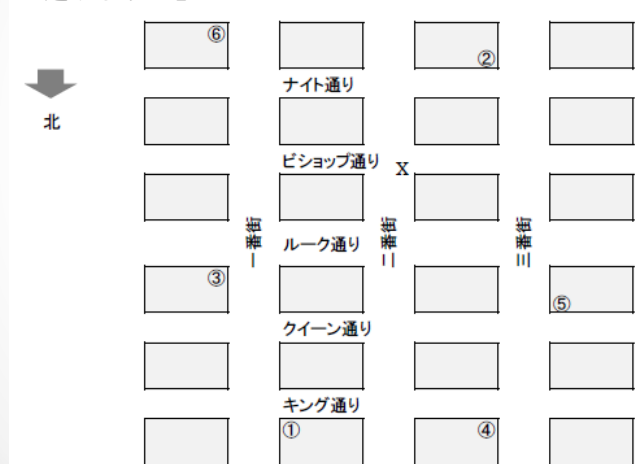
※ 各項目は三つずつの問いからなり、成績は項目ごとの正答数で評価する

- [自己評価テスト](#)による妥当性評価

Q1 経路探索

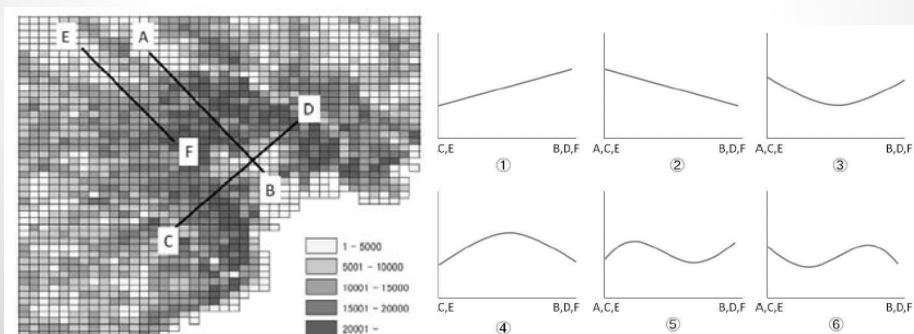
あなたは次の地図上でXの地点にいます。下記の道順をたどったとき、たどり着く場所に最も近い地点を、①～⑥のうちから一つ選びなさい。

「南に1ブロック行き、西に曲がって2ブロック進んだ後、北に曲がって3ブロック進みます。」



Q2 分布パターンの断面図

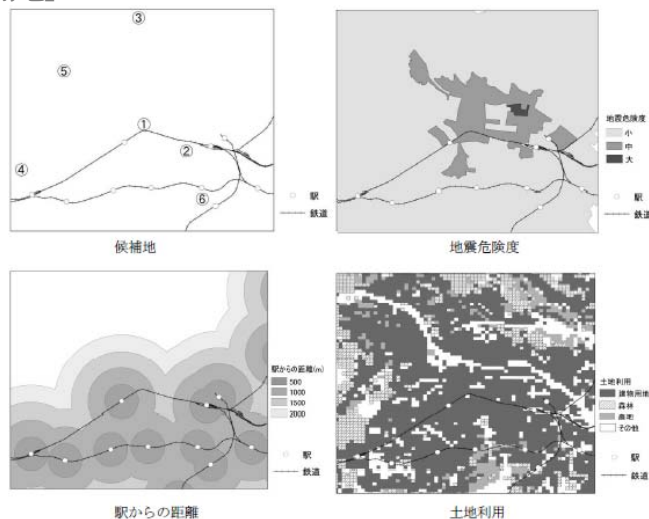
次の地図は、ある統計指標を分布図に表したものです。地図上の線分A-B, C-D, E-Fに沿った指標値を表すグラフとして、それぞれ最も適当なものを①～⑥のうちから一つ選びなさい。



Q3 最適立地

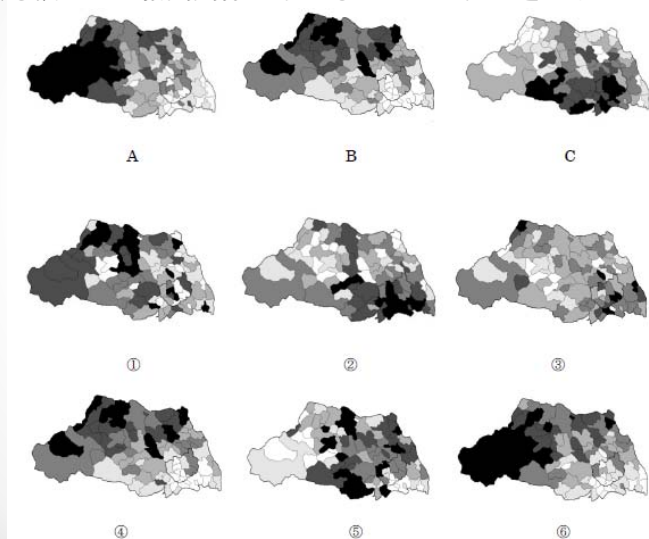
ある地域で、あなたは事業用地を探しているとします。次の条件を充たす用地として最も適当な場所を、候補地①～⑥から一つ選びなさい。

- ・条件：地震危険度は「小」、複数の駅から500m以内、土地利用は「建物用地」



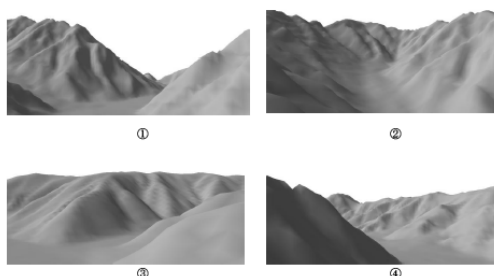
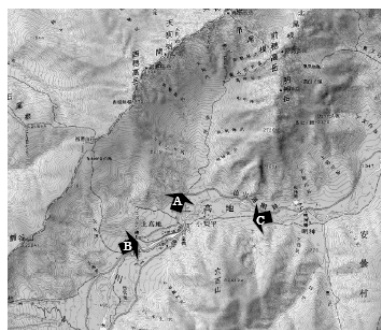
Q4 分布図の相関関係

下のA～Cの地図は、ある三つの指標値を地図にしたものです。これとは別の指標値を地図にした下の①～⑥の地図の中から、地図A～Cとそれぞれ最も強い正の相関関係があるものを一つずつ選びなさい。



Q5 3次元画像の視覚化

次の地図上のA~Cの地点で、矢印の方角を眺めたとき、目にする景色として最も適当なものを、それぞれ下の①~④のうちから一つずつ選びなさい。

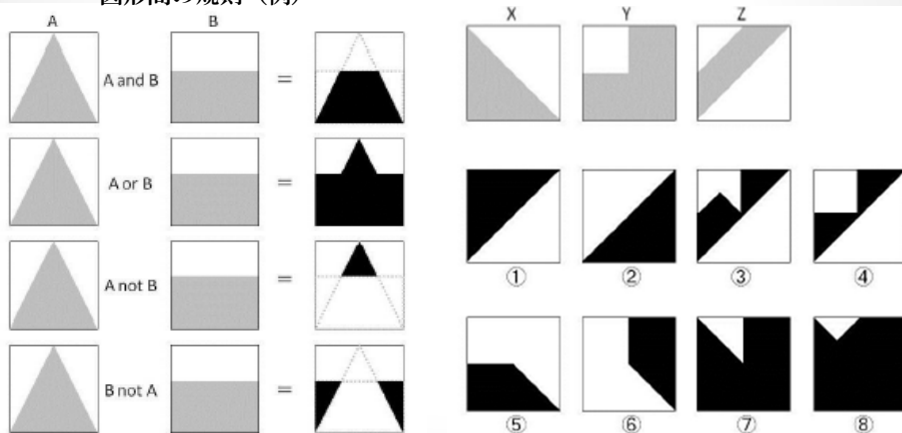


Q6 地図のオーバーレイ

図形AとBの関係について、次の例の規則をあてはめると、それぞれ右の図形が得られます。この規則に基づいて、下のX~Zの図形に下記の関係当てはめた場合、得られる図形を①~⑧のうちから選びなさい。

X and Y = __, Y not Z = __, (X or Y) and Z = __.

図形間の規則 (例)



空間的スキルの自己評価テスト

既存の空間的思考力テストのタイプ:

- a. **特定の課題についてスキルを測るテスト**: ex. STAT (Lee and Bednarz 2012)
 - b. **計量心理学的テスト**: ex. Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests (Ekstrom et al. 1976)
 - 一般的な知能テストの一部として空間的能力を測るのに用いられてきたが、テスト項目が多く実施に時間を要するが、空間的思考力との相関は必ずしも高くない(Ishikawa, 2013)
 - c. **自己評価テスト**: ex. Self-report measure of environmental spatial ability (Hegarty et al. 2002); 方向感覚質問紙SDQ-S (竹内 1992)
 - 空間的思考全般をカバーしているわけではないものの、テスト自体は簡便に行えるという利点がある
- STATの妥当性評価のために、竹内(1992)を基に日常的な空間的スキル自己評価テスト(SESS)を作成
- 合計18項目に当てはまる度合いを5段階で回答

SESS (Self-evaluation of spatial skills)

(1) 大規模空間のサーベイマッピング (SDQ-S: 方位に対する意識)

- #1. 知らない土地へ行くと、とたんに東西南北がわからなくなる
- #2. 道順を教えてもらうとき、東西南北で指示されるとわからない
- #3. 電車(列車)の進行方向を東西南北で理解することが困難
- #4. ホテルや旅館の部屋に入ると、その部屋がどちら向きかわからない
- #5. 地図上で、自分のいる位置を容易に見つけることができる
- #6. メートルやキロメートルで言われた距離を感覚的に把握できない

SESS

(2) 大規模空間のルートマッピング
(SDQ-S：目印の記憶)

- #7. 移動中に目印となるものを見つけられない
- #8. 何度も行ったことのある所でも目印になるものをよく憶えていない
- #9. 景色の違いを区別して憶えることができない
- #10. 自分がどちらに曲がってきたかを忘れる
- #11. 道を曲がる場所でも目印を確認したりしない
- #12. 見かけのよく似た道路でも、違いをすぐに区別することができる

SESS

(3) 小規模空間での空間的スキル

- #13. 手の込んだ折り紙を、見本通りに折ることができる
- #14. カバンやスーツケースにうまく荷物を詰め込むことができる
- #15. 説明書通りに模型や家電製品を組み立てることができる
- #16. 家具の配置を変えた部屋の様子を簡単に思い浮かべることができる
- #17. スポーツの中では、球技が得意だ
- #18. 盤上ゲーム（将棋，囲碁，チェスなど）が得意だ

空間的思考力テスト（STAT-J）の結果

- 回答者：大学生100人（男子60人／女子40人，地理学専攻生25人／その他の専攻生75人）
- クロンバックの信頼性係数 = 0.500 < 0.8（許容水準を下回る）
→ 一つの尺度としての内的整合性はみられない
- 個々の項目間ではほとんど有意な相関がない（例外：Q6とQ3, Q4, Q5）；総合評価値と個々の項目との間には有意な相関

空間的思考力テストの項目間の相関係数

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Q2	0.119					
Q3	0.090	0.117				
Q4	0.091	0.084	-0.003			
Q5	0.022	-0.031	0.040	0.243*		
Q6	0.110	0.160	0.240*	0.294**	0.202*	
Total	0.456**	0.313**	0.270**	0.577**	0.596**	0.625**

- ** Significant at 0.01 level, * Significant at 0.05 level.

空間的スキル自己評価テスト（SESS）の結果

- 因子分析の結果
 - 第1因子：サーベイマッピング（方位に対する意識）
 - 第2因子：ルートマッピング（目印の記憶）
 - 第3因子：空間的推論（小規模空間での空間的スキル）
- ※ クロンバックの信頼性係数
 - 全項目：0.850
 - #1～#6：0.885
 - #7～#12：0.735
 - #13～#18：0.611

バリマックス回転後の因子負荷量

Item	Factor 1	Factor 2	Factor 3
#1	0.8714	0.2004	-0.0076
#2	0.9053	0.1099	0.0592
#3	0.8059	0.2159	0.2070
#4	0.7346	0.1688	0.2303
#5	0.4990	0.0958	0.2644
#6	0.4214	0.3458	0.2038
#7	0.4107	0.3458	0.1980
#8	0.1662	0.6582	0.2889
#9	0.1482	0.7290	0.2046
#10	0.3287	0.6957	0.1118
#11	0.0425	0.3710	-0.0889
#12	0.3554	0.3632	0.0423
#13	-0.1337	0.1769	0.4078
#14	0.1471	0.0088	0.4729
#15	0.2280	0.0515	0.7126
#16	0.0964	0.0688	0.4137
#17	0.0882	0.2389	0.4249
#18	0.1236	-0.0932	0.2010
% of variance	31.46%	10.70%	9.18%

STAT-J とSESSの相関

- 第1因子（サーベイマッピング）のみSTAT-JのQ4（分布図の相関）、Q5（視覚化）と有意な相関あり
- 空間的思考力テスト（STAT-J）と日常的な空間的スキルとの関連性は限定的：STAT-Jで測っているのは、やや特殊な場面での空間的思考

STAT-J とSESSの得点の順位相関係数

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Factor 1	0.137	0.031	-0.008	0.317**	0.236*	-0.055
Factor 2	-0.045	0.034	-0.148	0.020	0.041	-0.037
Factor 3	0.066	-0.043	-0.007	0.112	0.071	0.158

** significant at the 0.01 level, * significant at the 0.05 level.

考察

- 空間的思考の多元性：単一の尺度では測れない
 - Q4（分布図の相関）、Q5（3次元画像の視覚化）、Q6（地図のオーバーレイ）は、比較的高い相関関係がみられる
 - いずれもGISの処理で使用される思考過程
 - 地図を用いて対話的にデータを処理するGISの利用には、空間的思考が不可欠
- 基礎となる空間的スキルと空間的思考の関連性：空間的思考のタイプによって異なるスキルが用いられる
- 実世界での空間的思考の応用場面では、より複雑なスキルと認知過程が関与することが予想される：地理空間的思考（geospatial thinking）の特殊性

地理空間的思考(geospatial thinking)の特徴

- 一般的な空間的思考との違い：
spatialとgeospatial
 - 対象となる地理空間は，地球表面に実在する，一目で見渡せない大規模空間
 - 空間移動や直接的観察だけでなく，様々な媒体を通して間接的に知る（ex. 地図，写真，衛星画像，絵，言語，...）
- 空間スケールの重層性
 - 宇宙
 - 全球
 - 大陸
 - 国
 - 都市
 - 街区
 - 室内



地理空間の範囲

出典：Google Earth

●23

参考文献

- Huynh, N. T., Sharpe, B. 2013. An assessment instrument to measure geospatial thinking expertise. *Journal of Geography* 112: 3-17.
- Ishikawa, T. 2013. Geospatial thinking and spatial ability: an empirical examination of knowledge and reasoning in geographical science. *Professional Geographer* 65(4):636-646.
- Lee J., Bednarz R. 2009. Effect of GIS learning on spatial thinking. *Journal of Geography in Higher Education* 33: 183-198.
- Lee, J., Bednarz, R. 2012. Components of Spatial Thinking: Evidence from a Spatial Thinking Ability Test. *Journal of Geography* 111: 15-26.
- NRC (National Research Council) 2006. *Learning to think spatially*. Washington DC: National Academies Press.
- 竹内謙彰 1992. 方向感覚と方位評定，人格特性及び知的能力との関連，*教育心理学研究*，40，47-53.