

【原著論文】

算数科教育の空間観念に於ける視点に関する研究 —サッカー場面に於ける活用に着目して—

仲本 啓太郎（日本体育大学大学院教育学研究科博士課程前期）

島田 功（日本体育大学）

現在、算数科教育の中の空間観念の研究では教科等横断的な学習の重要性が指摘されているが、殆どが算数科教育の中で止まっており、体育科教育と関連させた具体的な研究は見当たらない。そこで本研究では未開拓な分野である算数科教育の空間観念と体育科教育の空間観念の関連性をサッカー場面に於ける活用に着目して研究する。具体的には算数科教育の空間観念が理解できればサッカー場面の空間観念が理解できるのかその関連性を調べる。もし関連性が低い場合はどのようにすれば関連性が強くなるのかその手立てを考察する。それを明らかにするために以下の4つのステップを踏んだ。①「対象物の面の形や対象物の位置関係を色々な視点から正しく認識する」空間観念に関わる調査問題を、先行研究を基にして、「算数場面」「日常場面」「サッカー場面」の3種類の観点から作成し、小学校4年生に実施した（プレテスト）。②プレテストの結果から、「算数場面」と「サッカー場面」の間で spearman の相関分析を行ったところ正の有意な相関係数は得られなかった。しかし、「算数場面に日常場面を付加したもの¹⁾（算数場面+日常場面）」と「サッカー場面」の間には $r=.403$, $p<.01$ と正の有意な相関係数が得られた。③この結果から研究仮説を“空間観念を扱う授業では算数場面に日常場面を付加することにより、サッカー場面の成績も向上するのではないか”と設定し、④見る視点を強調した授業実践にて検証した結果、「サッカー場面」の授業後（ポストテスト）の正答率の平均値が授業前（プレテスト）に比べて上がり、更に、授業の効果量（Cohen の効果量）でも大きな効果が見られた。

本研究のまとめとして、サッカー場面に於ける活用に着目して空間観念に関する研究を行った結果、算数場面に日常場面を付加することにより「サッカー場面」の成績も向上することが明らかになった。

キーワード：空間を見る視点、算数科教育の空間観念、サッカー場面の空間観念

A Study on Perspective in Spatial Concepts in Mathematics Education — Focusing on Utilization in Soccer Scenes —

Keitaro NAKAMOTO (Graduate Student of Master Course, Graduate School of
Education, Nippon Sport Science University)

Isao SHIMADA (Nippon Sport Science University)

Currently, in studies on spatial concepts in mathematics education, improvement of cross-curricular learning has been pointed out, but most reports deal with mathematics education, and we cannot find any research related to physical education. Therefore, in this research, we study the relation between spatial concepts in mathematics education and spatial concepts in physical education, which is an unexplored field. Specifically, if elementary school students can understand spatial concepts in mathematics education, we will investigate whether they can understand spatial concepts in soccer scenes in physical education. If the relevance of spatial concepts between mathematics education and physical education is low, we will consider how to make the relationship stronger. In order to clarify this, the following four points were implemented. First, three kinds of research questions were prepared, comprising math scenes, daily scenes, and soccer scenes, to correctly recognize the shapes of surfaces of objects and positional relationships among objects, based on previous research. Secondly, the results indicated that almost no correlation was seen between math scenes and soccer scenes, but a relatively correlation was seen between math scenes plus daily scenes and soccer scenes. Thirdly, based on this result, a research hypothesis was established as follows: in an elementary school class, if daily scenes are incorporated in math scenes in a class dealing with spatial concepts, elementary school students will be able to understand soccer scenes. Fourthly, the results of verification in lesson practice emphasizing perspective indicated that the average values of the correct answer rate for the post-test were higher than those of the pre-test, and a large effect was also seen in the effectiveness of the lesson. In summary, research on spatial concepts clarified that results in soccer scenes will also improve by incorporating daily scenes into math scenes.

Keywords: Perspectives of space, spatial concepts in mathematics education, spatial concepts in soccer scenes

1. 研究の背景と研究の目的及び方法

1.1 研究の背景

算数科教育の中の空間観念の研究を見ると、教科等横断的学習の重要性が指摘されているがその多くが算数科教育の中での研究に止まっている。他教科との関連性に焦点を当てた研究としては社会科に於ける空間観念との関連性の研究（梶・杉山，1991；新井，2015）や理科に於ける空間観念との関連性の研究（太田，2014，2015）が見られるのみであり、体育科教育の空間観念との関連性についてはその研究の重要性についての指摘（國本，1996b）は見られるもののそれを具体化した研究は管見ながら見当たらない。本研究は未開拓な分野である算数科教育の空間観念と体育科教育の空間観念の関連性をサッカー場面に於ける活用に着目して研究する。尚、この算数科教育に於ける空間観念とサッカー場面に於ける空間観念については「2.空間観念の内容に於ける関連性」にて詳述する。

次に“活用”についての本研究での定義付けをする。活用の定義としては、林田・中村（2018）の研究では「これまでに身に付けた知識・技能を最大限に利用して目の前にある問題の解決にあたる力」（p.374）とあり、長谷（1995）の研究では、算数科教育の活用能力は「自ら進んで既習の知識・技能・考え方を効果的に用い、未知の問題を解決したり、新しいものを生み出したり、日常生活に生かしたりする力」（p.6）と規定されており、金本（2010）は活用をどのような場面に活用するかに着目し、「日常生活や他教科等の学習」「より進んだ算数・数学の学習」の2つの場面（文脈や状況）に区分し、知識・技能を用いて活用する（pp.9-10）と述べている。つまり活用とは、算数科教育の中では勿論、日常生活や他教科との学習の場面に於いて既存の知識や経験から最適なものを選択し組み合わせしていくこととしている。このことから本研究での活用は金本らの考えに従い、算数科教育に於ける空間に関する知識や見方、能力をサッカー場面の空間を正しく把握するときを生かすこと

ができることを指すことにする。換言すれば、算数科教育での空間が理解できればサッカー場面の空間も理解ができることを指す。

また、本研究では“空間概念”という用語ではなく“空間観念”という用語を用いているが、その理由として、空間概念と空間観念は英語では **Spatial Concept** として同意語で表されているが、その具体的な違いについて文部省（1982）の小学校算数科の指導資料では、「（空間）概念というときには論理的な面から光を当てた見方の場合に引き合いに出されることが多く、空間観念というときには筋道立った論理的な面からの見方だけでなく、それらに加えて空間や空間に於ける図形に関連した想像や直観という心理的な面からの機能もかかわらせて用いているという気持ち強い。そして、空間やそこにおける図形を通してある性質や関係などを見抜いたり洞察したりする能力が図形的直観力である。」（p.15）と述べている。本研究ではこの図形的直観力が後述する調査問題や授業実践などに関わってくるため“空間観念”という用語を用いることとする。

尚、本研究では空間を見る視点に焦点を当てる。その理由として、算数科教育に於ける空間観念研究を見ると空間を見る視点の重要性（國本，1996a；平林，2000；狭間，2002）が言われているし、更にはサッカーに於ける研究（藤井ら 2014）でもピッチ空間を空間認知研究²⁾の分野のサーヴェイ的視点（*survey perspective*）とルートの視点（*route perspective*）で見ることの重要性が指摘されているからである。尚、サッカーに於ける空間を見るときは2つの視点には、「サーヴェイ的視点が可能な者は、領域固有の情報が含まれる状況でのみ、ルートの視点で見た情報を、サーヴェイ的視点へと素早くイメージする能力が高いことが示唆された」（p.102）と領域固有の情報について取り上げられている。ここでの領域固有の情報とは、熟練者の構造化されたプレイパターン（人やボールなどのランドマーク・パスコ

ースなどのルート)に関する多様な知識(p.95)のことを指すが、本研究ではサッカー経験の有無に関わらず、全ての子どもを対象としている。その為に静止画を用いてサッカー経験に関わる領域固有の情報に関係しないピッチ空間の状況を把握するだけに収めている。よって、本研究ではこの領域固有の情報は扱わないことにする。

この算数科教育とサッカー場面の空間を見る視点の研究を受け、両者の言う空間を見る視点の関連性を考える事とする。

次に、本研究の意義として、算数科教育に於ける空間を見る視点とサッカー場面に於ける空間を見る視点の関連性を明らかにすることは、汎用的・活用的な能力としての空間を見る視点の育成のためにも重要であるととともに、サッカーとの空間観念の関連性を明らかにすることは算数科教育の空間観念の指導の改善にも貢献できるものと思われる。

1.2 研究の目的と方法

①研究の目的

上記の研究の背景を受け、空間を見る視点に焦点を当て、「算数科教育に於ける空間観念とサッカー場面の空間観念を子どもがどのように理解するのかを明らかにする」ことを研究の目的とする。具体的には、先述したように、算数科教育での空間観念が理解できればサッカー場面の空間観念が理解できるのか、仮に理解できない(関連性が低い)場合にはどのようにすれば理解できる(関連性が強くなる)のか、その手立てを考察することであり、これを明らかにすることを本研究の主目的(以下、「子どもの思考における関連性」と表す)とし、これを補助するために以下の2つを副目的とする。

(a)「空間観念の内容に於ける関連性」(副目的 a)

算数科教育及びサッカー場面の空間観念を規定し、共通点や相違点を明確にする。

(b)「空間観念の視点に於ける関連性」(副目的 b)

算数科教育に於ける空間を見る視点とサッカー場面の空間を見る視点を関連させ、共通点や相違点を明確にする。

本研究の副目的としてこの2つを設定した理由としては、(a)・(b)ともに主目的を述べる上で土台となる基礎事項であり、この2つの副目的が明らかになって初めて主目的を述べる事が出来るからである。

②研究の方法

1) 算数科教育に於ける空間観念の先行研究やサッカー場面の空間観念の先行研究を批判的に考察し、内容と視点の両面から関連性を見ていく。(理論的研究)

2) 1)にて調べた事柄を基に算数科教育に於ける空間観念とサッカー場面の空間観念の関連性を調べる調査問題用紙を作成し、大学生及び小学生に実施し収集したデータを基に Spearman の相関分析を用いて統計的に分析する。(調査研究)

3) 調査研究で得た結果から仮説を立て、立証すべく小学生を対象に授業を行い、2)で小学生に行った調査問題結果を用いて、対応のある独立 t 検定及び Cohen の効果量を用いて統計的に分析する。(授業実践研究)

2. 空間観念の内容に於ける関連性(副目的 a)

2.1 算数科教育に於ける空間観念

①前田(1979)の考える空間観念

空間観念や幾何教育について「空間の観念というものは、個々の図形だけでは得られないのであります。(中略)従来とかく欠けていた図形の連続的、動的、実践的ないろいろの見方、考え方、扱い方を、初等、中等の教育に適した形で、豊富にとり入れていくことが必要なのであります。(中略)実用性の見地からみても、従来の幾何教育には大きな欠陥があったように思うのであります。」(pp.219-224)と述べている。つまり前田(1979)は、空間観念は個々の図形だけを要素的・静的に扱うのではなく、連続的、動的、実践的な扱い方を豊富に取り入れ、実用

性の観点からも考えていくことが重要であることを述べている。

②文部省（1982）の考える空間観念

文部省の述べる空間観念は1（1）で述べたように空間や空間に於ける図形に関連した想像や直観という心理的な面からの機能もかかわらせたものであり、さらに文部省（1982）は「児童に空間観念や図形的直観力を養うことは、図形教育の重要なねらいの1つになっている。」

（p.15）とも述べている

③狭間（1995、2002）の考える空間観念

狭間（2002）は空間観念という用語を用いずに、「空間思考」という言葉で「現実的空間または抽象的空間に関わる課題遂行場面で、いろいろな直観的支えをもとに意識的に空間的心像をつくり心的操作をする知的活動と捉える」

（pp.12-13）と述べており、狭間（1995）は「事物の観察、具体的な操作などの活動をいかした指導」、「表現活動をいかした指導」、「空間思考を促す指導」という3つの指導の構成を述べており、その中には本研究に関わる「方向を変えて、ものの形やものの位置関係を見る」ことも内容に含めている（pp.46-57）。

④國本（1996b）の考える空間観念

國本（1996b）は「空間直観力」という言葉を用いて8つの観点で空間観念（表1）を規定している（pp.16-18）。この8つの観点を説明すると、「図形を認める力」とは具体物から立体図形を抽象したり、抽象的な立体図形から具体物を想起したりする力である。「図形を構成する力」とはひごや粘土、厚紙などを使って立体図形や平面図形を構成することが出来る力である。「操作を見通す力」とは操作に加えた後の図形の変化を見抜いたり、図形に加える操作を見通す力である。「図形を見抜く力」とは図形の見えていない部分を見抜く能力に加え、対象の余計な部分を捨象して図形を捉える力も含める。「図形や空間の広がりをとらえる力」とは平面図形の面積、立体図形の表面積や体積の広がりや量を量として捉えるだけでなく、空間の無限性も表象す

る力である。「図形を図で表現する力」とは立体図形を「見取図」「展開図」「立面図・平面図」で表したり、「見取図」「展開図」「平面図・立面図」から立体図形を想起することが出来る力である。「位置をとらえる力」とは平面や空間における点・辺・面の位置を表したり、位置関係を捉えたりすることが出来る力である。「空間自由移動能力」とは念頭で自由に自分の位置を移し替える能力である（pp.17-18）。又、この國本の空間観念の8つの観点は認知心理学の面からも検討され、平林（2000）や狭間（2002）、山田ら（2006）、太田（2015）、新井（2015）など多くの論文で引用されている。この8つの観点の一つである「空間自由移動能力」を更に詳しく述べると、空間を見る視点であり、頭の中で自由に視点を動かしてみたり、対象物の位置関係や、対象物を自由に動かし、把握することを指している（上月，2012，p.36）。本研究ではこの國本の「空間自由移動能力」と「位置をとらえる力」を中心に研究を進めていく。國本の考えを援用したのは最も研究の基盤としやすい為である。

表1 8つの観点での空間観念

視覚化(具現化)	図形を認める力
	図形を構成する力
	操作を見通す力
空間的關係	図形を見抜く力
	図形や空間の広がりをとらえる力 図形を図で表現する力
空間的方向づけ	位置をとらえる力
	空間自由移動能力

註.國本(1996b)に基づき筆者作成

⑤影山（2003）の考える空間観念

影山は狭間（2002）同様、空間観念という用語を用いずに「空間的思考」という言葉を用いている。影山はこの空間的思考を「認知的処理能力としての空間能力を働かせつつ幾何的思考を行う」思考活動として、「空間能力」と「幾何的思考」の統合として捉えることとする。（p.24）とし、このうちの「空間能力」について、「空間能力とは対象の形や大きさ、向きといった空間的な関係を認識するとともに、それに心的な操作を施すことによって、対象を変化させたり、空間

的な方向付けを行ったりする能力である。」(p.11)としている。また、この空間能力の下位能力を「空間関係を認識すること (spatial relation)、視覚化すること (visualization)、空間的な方向付けを行うこと (spatial orientation) など様々である。」(pp.11-24)としている。つまり空間能力とは、空間的な関係や位置をとらえる、視覚的な情報を適切に処理するなどの下位能力を用いて機能する能力である(上月, 2012, p.18)。

2.2 サッカー場面の空間観念

文科省(2012)は運動の空間認識能力を以下のように説明している。「運動を行うときは状況判断から運動の実行まで、脳の多くの領域を使用します。(中略)脳が運動を制御する働きにおいて、空間認識能力は重要です。空間認識能力とは、三次元空間の中にある物体の状態(位置、方向、間隔、速さなど)を素早く正確に把握する能力のこと。」(pp.27-28)であり、これをサッカー場面で考えると、自分や相手の位置関係の把握、ボールのスピード、角度、軌道などを瞬時に把握することなどであると考えられる。他にも藤井ら(2014)は「自己の現在位置と周囲の選手、スペース、ボール、ゴールなどの全体的空間配置や距離の情報は(中略)極めて重要である。」(p.94)と述べている。

2.3 算数科教育とサッカーに於ける空間観念の共通点と相違点

算数科教育の空間観念とサッカー場面の空間観念ともに共通することとして、國本(1996b)が述べた8つの観点の内、特に「空間の広がりをとらえる力」、「位置をとらえる力」、「空間自由移動能力」の3つを挙げる。この3つを共通点として挙げた理由として、「空間の広がりをとらえる力」とは、算数科教育で言えば1次元や2次元や3次元の空間の広がりをつまめる力であり、サッカーで言えば、全体的なピッチ空間の広がりをつまめる力を指し、「位置

をとらえる力」とは算数科で言えば、対象物の位置関係を前後、左右、上下などの言葉と数を用いて捉える力であり、サッカーで言えば、選手やボールやゴールの位置関係を把握する力であり、「空間自由移動能力」とは、算数科教育で言えば空間を見る視点であり、頭の中で自由に視点を動かして対象物の位置関係や面の形を把握することであり、サッカーで言うと、サーヴェイ的視点(survey perspective)とルートの視点(route perspective)で空間を見ていき、位置関係と顔や体の向きを把握することである。この視点については、次の3で詳述する。空間観念の相違点としてはサッカーには速さ、角度、混み具合などの内容が入ってくる。これは、実際の試合では秒単位で状況が変わるため、咄嗟の判断で見なければならないことに起因する。次に空間観念の視点について見ていくこととする。

3. 空間観念の視点に於ける関連性(副目的 b)

3.1 算数科教育に於ける空間を見る視点

算数科教育に於ける視点は、狭間(2002)は「同じ積み木でも、見る位置によって見え方が違う。ある位置からは1面しか見えないし、またある位置では3面が同時に見える。このように同じ対象物でも見る位置との関係で、見え方が変化していくことに気づく。このことは空間思考を育成していく上で重要である。」(p.49)と述べていることから、色々な視点で見なければならないが、本研究では算数科教育に於ける空間を見るとき視点の後述するサッカーのルートの視点、サーヴェイ的視点に合わせるために「正面」「真横」「真上」「斜め上」の4つの視点を採用する。しかし、日本の算数科教育の教科書では視点を明確に意識させる言葉が使われている場面は殆ど見られず、空間を見る視点も意識されていない為、色々な視点で見ることが希薄になりつつある。その理由として、1968(昭和33)年から1989(平成元)年までの学習指導要領の「指導上の留意事項」や「内

容の取扱い」では、立面図・平面図が取り扱われてきたが、1998（平成10）年以降の学習指導要領ではこれらは中学校の内容となり小学校では取り扱わないとされていることからである。対してイギリスの教科書（Beta Mathematics）では Plan and Maps として算数場面と生活場面を深く結びつけて見ており、且つ低学年の段階からより実践的に空間を見る視点が意識的に取り上げられている。また、國本（1996a）も投影図の学習のための予備学習として低学年の時から算数場面と生活場面を深く結びつけた学習が必要であるとイギリスの教科書と同様なことを述べている（pp.79-80）。実際にイギリスの教科書（Beta Mathematics）（7歳～13歳対象）を見てみると図1；図2；図3；図4；図5；図6といった例示が見られる。以下は教科書（Beta Mathematics）に記載されている視点の種類である。

Front elevation

→自分の視点で正対して見ること。

End elevation

→自分の視点で横から正対して見ること。

Plan (Top)

→飛行機のように高いところから下を見ることや上から覗きこむこと。

このように見る視点が明確化されている。

また、「正面」「真横」「真上」から見ることに関わるデカルト座標系については、現在のカリキュラムに於いては4年生の「空間の位置」の単元にて使われている。また、「正面」「真横」「真上」から見ることに関する上月（2012）の調査では4年生の正答率が80%を超えていたことから、本研究で取り上げる4年生でも充分学習のレディネスが出来ていると考える。このことを踏まえ、本研究では空間を「正面」「真横」「真上」「斜め上」から見ることを大事にした³⁾。

イギリスではこれらの経験を得て中等部からの数学としての投影図を扱っている。

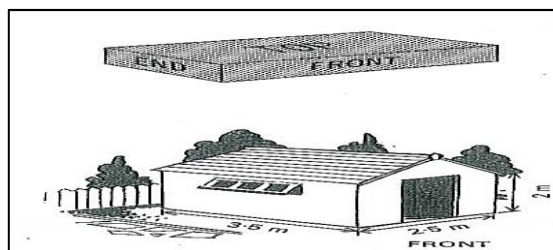


図1 直方体の図と家 Front・End・Top (Beta Mathematics)

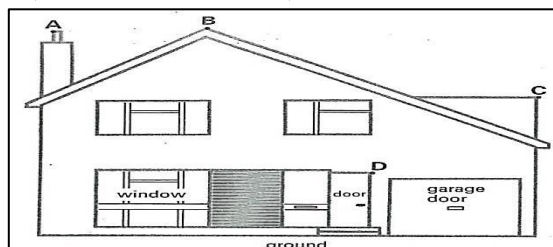


図2 家（正面から） Front (Beta Mathematics)

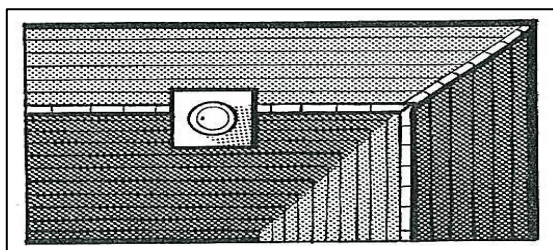


図3 屋根 Plan (Top) (Beta Mathematics)

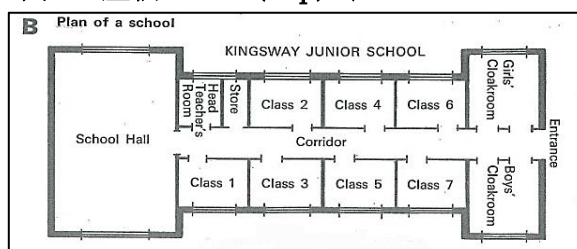


図4 教室の配置図 Plan (Top) (Beta Mathematics)

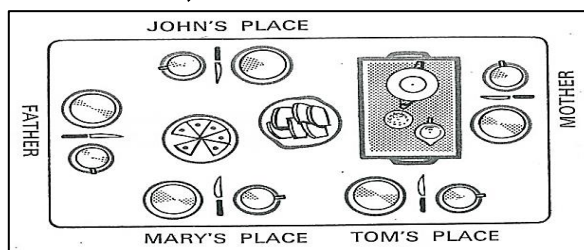


図5 食卓 Plan (Top) (Beta Mathematics)

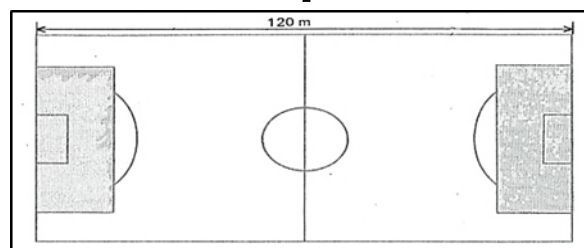


図6 サッカーコート Plan (Top) (Beta Mathematics)

3.2 サッカーに於ける空間を見る視点

1-1 で述べたようにサッカーに於ける研究（藤井ら，2014）ではピッチ空間を空間認知研究の分野の「サーヴェイ的視点（survey perspective）」と「ルートの視点（route perspective）」で見ることの重要性が言われており，木島・吉田（1998）の研究では「初級者は自己を中心とした表現を用いることから，自己中心的に空間関係を捉えるルートの視点を用いており，熟練者は空中に作戦図を描くように表現することから，対象空間外から俯瞰するように空間関係を捉えるサーヴェイ的視点を用いていると考えられている。」（pp.72-73）。つまりルートの視点に比べてサーヴェイ的視点は意識して見ようと思っただけで見なければならないものであり，元日本代表の遠藤（2017）は「意識するというのは“自分を他人のように冷静に客観的に分析することに繋がる”として，この第三者的に分析する能力を鍛えることで自然と俯瞰する力も身につく」（p.59）と述べている。このことから見る視点を明確にして見ることはサッカーでも大切だと言える。

① サーヴェイ的視点の特徴

藤井ら（2014）はサッカーに於けるサーヴェイ的視点を空間認知研究を基にして「上からの視点・俯瞰的視点であり，対象空間外に自己を置き，対象空間全体を俯瞰するように空間関係を捉える」（p.94）視点（巻末資料①：問題 2.2（3），問題 4.4（3）参照）であると述べている。また，1993 年の W 杯 アメリカ大会 アジア 予選で日本サッカー代表を指揮していたオフト（1994）は，サーヴェイ的視点とは，図 6 のように「ヘリコプターに乗り上空から見下ろしたり，スタンドから観戦しているかのような視点でピッチを見ること」（p.35）と述べている。このスタンドから観戦しているかのような視点，所謂斜め上からの視点は算数科教育での見取図⁴⁾のような 3 面が見える斜め上から見たときの視点と共通している。また，図 6 は前述のイギリスの教科書に記載されている内容の一部なの

だが上から見たものとしてサッカーのコートが取り上げられている。

② ルートの視点の特徴

藤井ら（2014）はサッカーに於けるルートの視点を空間認知研究を基にして「対象空間内に自己を置き，自己中心的に空間関係を捉える」（p.94）視点であると述べている。更に詳しくサッカーに於けるルートの視点とは，水平的（自己）視点・選手視点であり，面に対して正対して見る状態や水平的に見る視点（図 7 又は巻末資料①：問題 2.2（1），2（2）参照）のことを指している（樽川ら，2013；藤井ら，2014）。



図 7 ルートの視点（筆者作成）

樽川ら（2013）はルートの視点を選手個人の視点（p.21）として捉えており，この視点での見えている画角は，「視界でとらえた映像に反応して運動を起こす際に有効である」という条件付きで，110 度と設定しているが，実際のサッカーでは視点を変更することで 110 度以上の空間を見ている。この 110 度という角度は算数科教育では対象を近づけたり，遠ざけたりするため考慮に入れていない。また，樽川らはルートの視点をある一人の選手が見える空間だけではなく，違う選手（他者視点）が見える空間も扱っている。尚，このルートの視点は私たちが生活する上で一番馴染み深い視点であり，多用する視点である。

3.3 算数科教育とサッカーに於ける空間を見る視点の共通点

前述の 3-2 の①にて述べたオフトの言葉や 3-1 にて述べたイギリスの教科書を見てみると空

間を見る視点に於いて一致する部分が多い。

尚, 3-1 で述べたように, 算数科教育では小学校 4 年生で見取り図の指導がなされており, この見取り図的な見方は日常生活の上では馴染み深く算数科の教科書にも随所に用いられている。従って, 本研究では「正面」「真横」「真上」といった見方の他に見取り図的な視点の見方も考慮に入れ, 「斜め上」からの視点として見ていくこととする。

これらの算数科教育に於ける空間を見る視点である Front elevation・End elevation・Plan 及び見取り図的な視点(斜め上からの視点)とサッカーに於ける空間を見る視点であるサーヴェイ的視点及びルートの視点をまとめると表 2 のようになる。この表は算数科教育の視点とサッカーの視点に於いて, どこから見ているのかに着目したものでその共通点をまとめたものである。これを見てみると, 算数場面の Plan や Front elevation・End elevation 及び見取り図的な視点と, サッカー場面のサーヴェイ的視点及びルートの視点は同じものであり, サッカーでも高度なことではあるが, 一面を見ながらも上から俯瞰的に状況を捉えたり, 味方(他者)の視点から見ていくことがあり, 一つの空間を幾つかの視点で見ていくことは, 算数の見方と似ているところがある。

國本(1996b)の主張の「空間の広がりをとらえる力」と「位置をとらえる力」と「空間自由移動能力」と「サッカーに於ける空間を見る視点であるサーヴェイ的視点・ルートの視点」を基にして, 空間観念を「色々な視点から空間を正しく認識し, 空間の広がりをとらえること」と規定する。即ち, 対象物の面の形や対象物の位置関係及び空間の広がり色々な視点から正しく認識できることとする。

表 2 算数科教育の視点とサッカーの視点
(筆者作成)

視点	算数	サッカー
正面	Front Elevation (自分視点・水平視点・正対視点)	ルートの視点 (選手視点・水平的視点・正対視点)
真横	End Elevation (自分視点・水平的視点・正対視点)	ルートの視点 (選手視点・水平的視点・正対視点)
真上	Plan (ヘリコプターからの視点・上から覗きこむ視点)	サーヴェイ的視点 (ヘリコプターからの視点・俯瞰的視点)
斜め上	見取り図的な視点 (斜め上から見下ろす視点)	サーヴェイ的視点 (スタンドからの視点・俯瞰的視点)

4. 空間観念の子どもたちの思考の中での関連性(主目的)

4.1 本研究に於ける空間観念の定義

本研究では上記の 2, 3 の研究から國本(1996b)の主張の「空間の広がりをとらえる力」と「位置をとらえる力」と「空間自由移動能力」と「サッカーに於ける空間を見る視点であるサーヴェイ的視点・ルートの視点」を基にして, 空間観念を「色々な視点から空間を正しく認識し, 空間の広がりをとらえること」と規定する。即ち, 対象物の面の形や対象物の位置関係及び空間の広がり色々な視点から正しく認識できることとする。

4.2 調査問題の作成

本調査問題では, 上記の(1)の國本(1996b)の「空間自由移動能力」と「位置をとらえる力」に焦点を当て, 対象物の面の形や対象物の位置関係を色々な視点から正しく認識できるかどうかを見るための問題を作成した。尚, 今回調査問題に「空間の広がりをとらえる力」を含めなかったのは, 子どもを対象とすることからサッカー経験の差が如実に表れることや問題数が増えることで子どもの負担を考慮したからである。

問題の内容としては 1 個の立体図形や複数の立体図形を組み合わせた算数場面(上月, 2012 参考), 日常生活での光景や家や建物を組み合わせた日常場面(藤井, 2014 参考), サッカーの一場面を切り取ったサッカー場面(樽川ら, 2013; 藤井ら, 2014 参考)の 3 種類の観点か

ら作成し、子どもの空間観念を調査した。

算数場面に1個の立体図形と複数の立体図形を組み合わせたものを調査問題に入れたのは1個の立体図形の場合には、3つの視点(「正面」「真横」「真上」)から正しく面の形を把握できるのかを見るためであり、複数の立体を取り入れたのは、1個の場合に付け加えて立体の位置関係が正しく読み取れるのかを見るためである。

日常場面は幾つかの視点から面の形(建物の壁面の形や窓ガラスの形や屋上の面の形など)を正しく読み取れるのかと同時に建物の位置関係や建物と木の位置関係が分かるのかを見る問題とした。その具体的な問題として、日本の6年生の教科書(藤井, 2014)に例外的に記載されている空間観念の日常場面の問題を取り入れた。このように日常の場面(複数の建物の場面)を問題に取り入れたのは、3(1)でのイギリスの教科書で述べたように算数場面と日常場面は深く結びついていて、国立教育政策研究所(2014)でも「学校で学んだことを生活の場へと持ち出してもらうことを繰り返すと、単に学校での既習事項のみを転移する場合に比べ、学びを結び付ける機会が大幅に増えることになる」(p.141)と述べられており、学校での内容と生活の場で活用する内容とを関連させていくことは、非常に重要だと言えるからである。

サッカー場面は、サッカーのある場面を写真や絵として表現し問題にした。その問題を通して、選手同士の位置関係やボールやゴール、ラインとの位置関係を読み取ることを見る。さらに顔の向き(顔の右側の形、左側の形、正面から見た顔、後ろから見た頭など)や体の向きもサッカーでは見ていくことが必要であり、この顔の向きと体の向きなどは、算数科教育の面の形の把握に関連してくる。このサッカー場面は先行研究(樽川ら, 2013; 藤井ら, 2014)を基に導入をした。特に樽川らの複数の視点情報を提示することで空間把握を促進する研究を参考にした。その樽川らの実験ではテーブルトップインターフェースと壁型のタッチパネルを用い

て仮想空間内の選手を俯瞰的に見たり、選手視点で見たりする。この樽川らの実験を参考にし、一つの場面を俯瞰的に見たらどのように見えるか、選手視点ではどのように見えるのか、といった問題を作成した。

尚、今回の調査問題の3場面全てに於いて「正面」「真横」「真上」又は「斜め上」から見た問題を取り入れ、このような問題の解決を通して、「空間自由移動能力」と「位置をとらえる力」を見ていく。

問題の形式としては基本的には選択肢から選んでもらい、問題によっては回答の理由を記述してもらった。まとめると以下ようになる。

①算数場面

純粋な算数の問題のみで日常場面は入らない。具体的には上月(2012)を参考に直方体や円柱を「正面」「真横」「真上」から見る問題や同じく上月(2012)を参考に大きさの違う3つの直方体を組み合わせて並べた立体を「正面」「真横」「真上」の視点から見える形を選択肢の中から選ぶ問題である。その為に自分の空間を見る視点を自由に移動させたり、対象を移動させたりする力が必要となる問題である。

②日常場面

一般的に日常場面とは、日常に見られる場面を算数を用いて解く問題であり、本研究では具体的に、6年生の算数科の教科書(藤井, 2014)に記載されている問題を使用した。複数の建物が並んでいるところを「正面」「真横」「真上」の視点で5カ所から撮影した場面を提示し、それぞれどこから撮影したものかを選ぶ問題である。その為に上記の①算数場面同様に自分の空間を見る視点を自由に移動させたり、対象を移動させたりする力が必要となり、建物の壁面や窓ガラスなどの形を見抜くだけではなく、建物同士の位置関係や木との位置関係をきちんと把握することが求められる問題である。

③サッカー場面

試合の一場面を写真や絵や図に収め、何人かの選手視点から空間をどのように見えているか

を見る問題を作成し、ルートの視点やサーヴェイ的視点を聞くようなサッカーの問題や、情報量を少なくして同様にルートの視点やサーヴェイ的視点を聞く問題である。回答の選択肢には色んな視点で見たもの(視点を変えた状態)や、提示された場面を斜め上から見たときにどのように見えるのかを選択肢の中から選ぶ問題とした。この場面も上記の①算数場面、②日常場面と同様に自分の空間を見る視点を自由に移動する力が必要となる問題である。

しかし、実際のサッカーの場面ではこのような写真や図のような状況ではなく、動きが伴うため紙面上では介入することができない時間的制約が関わる。こうした時間的制約に関わる空間観念を把握することができない点が本研究の限界である。

また、サッカーは状況把握、意思決定、実行の3つが大切であり(関根・高梨, 2012, p.603)、この最初の状況把握に算数科教育の空間観念(空間自由移動能力・空間の広がりをとらえる力・位置をとらえる力)や時間に関わる速さや角度や混み具合などの算数科教育の内容が関係する。更に状況把握には2種類あり、1つは状況全体を正しくつかむこと。2つめは状況を目的に応じて焦点化して正しくつかむこと。この2種類の状況把握を見るため、問題を作成した(巻末資料①:問題 2.2 (1), 2 (2), 2 (3) 参照)。算数科教育の空間観念は、この状況把握に深く関わるが、残りの意思決定、実行の2つは算数科教育ではなく、体育科教育の役割になる。このことは、体育科教育(ゴール型競技)の学習指導要領(文部科学省, 2017, p.178)に於いても中学年より状況把握及び状況判断を意識させる言葉が記載されている。

4.3 調査問題の改良

本調査を行う前に大学生に対し予備調査を実施した結果、算数場面とサッカー場面は有意差が見られないが、算数場面に日常場面を付加した場合とサッカー場面とは有意差が見られ、関

連があることが分かった。この大学生への調査結果を参考に問題をより良く、分かりやすいものへと改良及び追加をし、小学生への本調査に繋げた(巻末資料①を参照)。尚、今回変更した点は以下の通りである。

①算数場面

- ・予備調査では円柱を使用していたが、4年生では扱わないため、今回は分かりやすい直方体のみを使用した。

(巻末資料①:問題 1.1 (1) 参照)

- ・立体の組み合わせは問題となる写真が判別しづらかった為分かりやすいものに変更した。(巻末資料①:問題 1.1 (2) 参照)

②日常場面

- ・問題自体は変更してないが、サーヴェイ的視点の木の位置に着目させた選択肢を一つ増加した。これは木と建物の位置関係をきちんと捉えられるか見るためである。

(巻末資料①:問題 3.3①A~E 参照)

③サッカー場面

- ・選択肢をパソコン上での図から一部イラストに変更し分かりやすいものにした。

- ・ゴール型に共通する場面を追加し、問題とした写真は全体を写したものとした他、選択肢の視点も大学生には回答の選択肢には色んな視点で見たもの(視点を変えた状態)(巻末資料①:問題 2.2 (1), 2 (2), 2 (3) 参照)のみだったのに対して、同じ視点で見た問題(視点を固定した状態)(巻末資料①:問題 4.4 (1), 4 (2), 4 (3) 参照)を追加した。これは位置関係や顔の向きや体の向きをより明確に着目させやすくすることで、問題の難易度を低く設定するためである。

尚、ルートの視点の自分視点を見る問題としては問題 2.2 (1)、問題 4.4 (1) が当てはまり、ルートの視点の第2者から見る他者視点については問題 2.2 (2) と問題 4.4 (2) を、サーヴェイ的視点は問題 2.2 (3)、問題 4.4 (3) が当てはまる。

4.4 本調査

①プレテスト

大学生に対して実施した予備調査から問題を再構成し、東京の私立小学校に通う4年生36名、5年生37名、6年生37名の計110名にプレテストとして空間観念に関する調査を平成29年11月16日に20分掛けて行った。その結果(表3)⁵⁾、算数場面8問、サッカー場面3問、日常場面5問の全16問で行い、正答率の全体の平均は85%となった。この85%以上のものは11問と半分以上の項目に於いて概ね高い結果が得られたと言える。しかし、平均点以下の問題を見てみると殆どが第二者から見るルートの視点や真横からの視点の問題であり、問題番号で言うと(巻末資料①参照)、問題1.(1)B、(1)E、(2)B、問題2.(2)、問題3.①A、①C、①Dがそれに当たる。この結果から空間を色々な視点から認識及び把握する能力が不足していると言える。この自分以外の視点はレベルが高いとも言われている(松森, 1983)。この問題に対しては後述する4-4②の授業実践内の、日常場面としての鬼ごっこの一場面にて実際に子ども達に体験させ、考えさせることで対処していく。

この結果をa「算数場面」と「サッカー場面」、b「算数場面に日常場面を付加したもの(算数場面+日常場面)」と「サッカー場面」の2つをspearmanの相関分析(1%水準)にかけて相関性を見たところ、大学生の時と同様、算数場面とサッカー場面は $r = .146$ と正の有意な相関係数は得られなかったが、算数場面+日常場面とサッカー場面では $r = .403, p < .01$ と正の有意な相関係数が得られた(小塩, 2015, pp.14 - 167)。このことにより本研究に於ける仮説を、“空間観念を扱う授業では算数場面に日常場面を付加することにより、サッカー場面の成績も向上するのではないか。”というように設定し、授業実践による検証を行うことにした。

表3 プレテスト4年+5年+6年全体結果
(N=110) (筆者作成)

	問題	正答(名)	誤答(名)	割合(%)	平均値
算数	1(1)A	107	3	97%	85%
	1(1)B	108	2	98%	
	1(1)C	61	49	55%	
	1(1)D	59	51	54%	
	1(1)E	106	4	96%	
	1(2)A	100	10	91%	
	1(2)B	101	9	92%	
	1(2)C	104	6	95%	
サッカー	2(1)	92	18	84%	78%
	2(2)	62	48	56%	
	2(3)	103	7	94%	
日常	3①A	100	10	91%	90%
	3①B	108	2	98%	
	3①C	104	6	95%	
	3①D	98	12	89%	
	3①E	86	24	78%	
平均値		94	16	85%	

※全体の標準偏差：42.186

②授業実践

4.4 ①にて立てた研究仮説を証明すべく平成30年1月25日に東京の私立小学校の4年生36名に再度協力をしてもらい、前述の調査問題同様、國本(1996b)の「空間自由移動能力」と「位置をとらえる力」を基に授業を構成した。その授業では3(1)で述べたイギリスの教科書や國本(1996a)が述べていたことを参考に、算数場面に日常場面を付加する授業を行った。つまり、算数場面(直方体の面の形を「正面」「真横」「真上」から見るとどのように見えるかや、「斜め上」から見るとどのように見えるかなどを扱う問題)の指導後で、日常場面(算数場面での知識や考え方が用いられるような家の形や建物が幾つか並んでいるときの「正面」「真横」「真上」から見た時の見え方や人や建物同士の位置関係などを扱う問題)を指導した。算数場面の授業も日常場面の授業もどちらも見る視点を強調した授業を行った。この授業では算数と日常の問題を扱い、その後でサッカーの問題(ポストテスト)が解けるのかを調査した。具体的な授業の流れとしては、まず1時間目では算数場面として平林(2000)の直方体の1面、2面、3面、4面が見えるところはどこか。というのを

参考にし、一人一人実物を持たせながら1個の直方体の面の見え方を調べた。尚、その際に黒板に斜め上から見た見取図を書いて説明したが、見取図の性質や名称自体は扱ってはいない。次に複数の直方体が合わさった場合の面の見え方を扱った。次に日常場面として家の形を扱い、算数場面の直方体の見方に関連づけて見られるようにした。更に日常場面である複数の建物の見え方をワークシート(巻末資料①:問題3.3①A~E参照)を用いて授業を行った。2時間目では日常場面として鬼ごっこの一場面を子どもに協力してもらい、1時間目で学習した算数場面や日常場面と関連づけさせて、色々な視点から顔の形・顔の向きや鬼や人との位置関係を見られるようにした。具体的な方法としては、用意した写真の配置に立ってもらった後にその子どもがいるポイントからは誰が見えているのかを予想してもらってから実際に子ども目線で写真を撮り、リアルタイムで教室のテレビ画面へと繋ぎ、どう見えているのかを検証・確認を行った。授業の中に遊びの場面を取り入れた理由として、今回の授業実践では、仮説に基づきサッカー場面の手前まで授業を行うため、その前段階としてサッカー場面とは行かないものの近い形である日常場面の遊びの場面を用いることで人の顔や体の向きを理解及び把握できるようにしたためである。また、プレテストでの他人視点の成績が良くなかったことへの対策でもある。

その後、サッカー場面の問題(ポストテスト)も含めてプレテストで用いた問題を20分掛けて解いてもらい、プレテストとの比較を行った。

③ ポストテスト

このポストテストの全体結果(表5)を見ると全体平均は94%となり、4-4①にて行った4年生のみのプレテストの全体結果(表4)の全体の平均の83%よりも11%向上していることが分かる。

表4 プレテスト全体結果(N=36)(筆者作成)

	問題	正答(名)	誤答(名)	割合(%)	平均値
算数	1(1)A	34	2	94%	83%
	1(1)B	34	2	94%	
	1(1)C	18	18	50%	
	1(1)D	18	18	50%	
	1(1)E	34	2	94%	
	1(2)A	34	2	94%	
	1(2)B	32	4	89%	
サッカー	1(2)C	35	1	97%	79%
	2(1)	27	9	75%	
	2(2)	19	17	53%	
	2(3)	30	6	83%	
	4(1)	32	4	89%	
	4(2)	27	9	75%	
日常	4(3)	35	1	97%	88%
	3①A	33	3	92%	
	3①B	34	2	94%	
	3①C	33	3	92%	
	3①D	31	5	86%	
3①E	28	8	78%		
平均値		30	6	83%	

※全体の標準偏差: 13.131

表5 ポストテスト全体結果(N=36)(筆者作成)

	問題	正答(名)	誤答(名)	割合(%)	平均値
算数	1(1)A	34	2	94%	94%
	1(1)B	35	1	97%	
	1(1)C	33	3	92%	
	1(1)D	31	5	86%	
	1(1)E	36	0	100%	
	1(2)A	34	2	94%	
	1(2)B	32	4	89%	
	1(2)C	36	0	100%	
サッカー	2(1)	30	6	83%	93%
	2(2)	31	5	86%	
	2(3)	35	1	97%	
	4(1)	35	1	97%	
	4(2)	35	1	97%	
	4(3)	35	1	97%	
日常	3①A	34	2	94%	95%
	3①B	36	0	100%	
	3①C	35	1	97%	
	3①D	32	4	89%	
	3①E	35	1	97%	
平均値		34	2	94%	

※全体の標準偏差: 15.997

この結果をプレテストと掛け合わせて対応のある独立t検定に掛けた(表6)。これを見ても授業前と授業後での平均値(全体の正答率の割合)は各項目とも大きく上がっている。また、表6の有意確率(両側)の欄を見ると、今回全ての項目に於いて有意差が見られ、成果としては非常に大きかった。更にその結果を数値化するために「検出したい差の程度」を見るCohenの効果量(小塩, 2015, pp.101-102)を用いて授業の前後の効果調べた(表7)。この

効果量は d で表すことができ、この d が 0.2 以上だと小さな効果となり、0.5 以上だと中程度となり、0.8 以上が大きな効果となる。これを踏まえて Cohen の効果量を算出した結果、表 7 のように全体結果の効果量は $d=1.49$ 、サッカー場面の効果量は $d=1.13$ となり、それぞれ大きな効果が見られ、授業前に比べて授業後の成績が向上していた。更に本研究の仮説となる“空間観念を扱う授業では算数場面に日常場面を付加することにより、サッカー場面の成績も向上する”に対して、教科書に記載されている直方体や立体の形などの算数場面の後で、建物の面の向きや形、人や建物同士の位置関係といった要素が関わってくる算数場面での知識や考え方が用いられるような日常場面を付加して、見る視点を強調した授業を行った結果、サッカー場面は上述したように $d=1.13$ と大きな効果が見られ、授業の成績も伸びていた。このことから本研究の仮説は立証され、算数場面に日常場面を付加するとサッカー場面は良くなることが分かった。

表 6 授業前と授業後の成績の違い(筆者作成)

	平均値	標準偏差	t値	自由度	有意確率(両側)
全体結果 授業前	15.72	2.548	-6.675	35	.000
全体結果 授業後	18.56	.877			
算数場面 授業前	6.58	1.538	-5.129	35	.000
算数場面 授業後	7.89	.398			
サッカー場面 授業前	4.72	1.111	-4.931	35	.000
サッカー場面 授業後	5.69	.624			
日常場面 授業前	4.42	1.156	-3.028	35	.005
日常場面 授業後	5.00	.000			

表 7 授業前後の結果と効果量(筆者作成)

	結果	効果値
全体結果 授業前	$t(35)=-6.78, p < .005$	$d=1.49$ 大きな効果
全体結果 授業後		
算数場面 授業前	$t(35)=-5.13, p < .005$	$d=1.15$ 大きな効果
算数場面 授業後		
サッカー場面 授業前	$t(35)=-4.93, p < .005$	$d=1.13$ 大きな効果
サッカー場面 授業後		
日常場面 授業前	$t(35)=-3.03, p < .005$	$d=0.71$ 中程度の効果
日常場面 授業後		

①算数場面とサッカー場面の関連性は見られなかった。

その理由としてサッカー場面は位置関係に着目して状況把握することに対して、算数場面では 4 (2) で述べたように 1 個の直方体の場合には面の形を正しく把握することが求められ、3 つの直方体の組み合わせの場合にはそれに加えて立体の位置関係を把握することを求めたが、実際の子ども達の記述を見てみると立体の位置関係を表す言葉を用いる子どもよりも、「大小」や「長短」といった立体の特徴を用いて表す子どもが多かった。このことが関連の見られなかった理由と思われる。

②算数場面に日常場面を付加するとサッカー場面との関連性が見られた。

その理由として、本研究に於ける日常場面では建物の壁面や窓ガラスの形などを見抜くだけではなく、建物同士の位置関係や木との位置関係をきちんと把握することが求められ、サッカー場面と言うと、選手同士の位置関係やボールやゴール及びライン等との位置関係の他、右側から見ると右側の顔が見えるといった面の形+顔の向きや体の向きを把握することが求められる。この理由から、算数場面の空間観念(ある視点から空間図形の面の形を正しくつかむこと)を理解しただけでは、サッカー場面の空間観念でそれらを活用しにくいことが言える。それに対して、日常場面に於いて面の形をつかむ力だけではなく、位置関係をつかむ力も含めて育成すれば、サッカー場面の空間観念にも活用でき、問題解決できるようになる。このことをまとめたのが表 8 である。この表はそれぞれの場面に於ける活用の構造を簡略にまとめたものである。項目の設定としては、まず、「見る対象」はそれぞれの場面で何を見るかを示しており、「空間の見方」は、算数科教育では正面、真横、真上、斜め上を、サッカーではルートの視点、サーヴェイ的視点といった、空間を見る見方を示し、「面の形を把握する」と「対象の位置関係を把握する」の 2 つは面の形や顔・体の向きを把握

する力や位置関係をつかむ力といった知識や能力のことを指している。このことを踏まえて表を見ると○は見る対象に対して必要となる見方や知識や能力のことを指し、△は必要ではあるが本実践ではあまりそのような見方や知識や能力が見られなかったものである。ここでは「算数場面」の対象の位置関係を把握する力に△と記載しているが、これは上述したように位置関係よりも立体の特徴を書く子が多く見られたのである。尚、空間の見方の一つである「斜め上」から見る問題は、提示する問題そのものが見取り図的な視点から出されているために、子ども達が解く問題としてはサッカーの斜め上からの問題が出されているだけである。

表 8 3つの場面に於ける活用の構造図(筆者作成)

	見る対象	空間の見方	面の形を把握する	対象の位置関係を把握する
算数場面	1個の直方体	○	○	
	3個の直方体	○	○	△
日常場面	複数の建物	○	○	○
サッカー場面	複数の選手	○	○	○

5. 研究の成果と今後の課題

空間を見る視点を取り入れた空間観念の学習で算数場面に日常場面を付加することは、3(1)で触れたようにでは既に取り入れられているが日本の教科書では視点を意識した学習が行われていないし、あったとしても巻末のおまけページ(藤井, 2014)に取り上げられているぐらいである。一方、日本の中学校数学科教科書を見ると、投影図の学習場面では、日常場面は扱われず、立体図形を学習して終わりという数学的要素が強い展開になっている。それに対して本研究の授業実践は日常場面を付加して、且つ見る視点に着目して行ったところ、成果が得られた。このことから本研究のまとめとして以下のことが言える。

5.1 研究の成果

①子どもの空間観念の思考に於ける関連性(主目的)

サッカー場面に於ける活用に着目して空間観念に関する研究を行った結果、算数科教育に於ける空間観念とサッカー場面の空間観念との関連性は今回のデータを用いた統計的な分析の限りでは見られなかったが、算数場面に日常場面を付加するとサッカー場面との関連性が見られた。そこで本研究に於ける仮説を、“空間観念を扱う授業では算数場面に日常場面を付加することにより、サッカー場面の成績も向上するのではないか。”というように設定し、授業実践による検証を行った。その結果、サッカー場面の成績が大きく向上した。このことから、空間観念を扱う授業では算数場面に日常場面を付加することが重要であることが明らかになった。

②空間観念の内容に於ける関連性(副目的 a)

算数科教育に於ける空間観念とサッカー場面の空間観念は共通することとして國本(1996b)が規定した8つの空間観念のうちの「空間の広がりをとらえる力」、「位置をとらえる力」、「空間自由移動能力」の3つを挙げる。ただし、サッカーには速さ、角度、混み具合などの内容が入ってくるといった若干の相違があった。この相違は、サッカー場面の空間観念が動きの中で空間を捉えることに起因していることが分かった。

③空間観念の視点に於ける関連性(副目的 b)

算数科教育とサッカーに於ける空間を見る視点は共通していることが分かった。具体的には、サッカーに於けるサーヴェイ的視点と算数科教育に於ける上から見る視点、見取り図的な視点、サッカーに於けるルートの視点と算数科教育に於ける正面から見たり、真横から見たりする視点が共通していることが分かった。このことから算数科教育に於ける空間を見る視点とサッカーに於ける空間を見る視点は関連性があり、汎用的・活用的な空間を見る視点の育成のためにも重要である。これは1(1)の研究の意義に繋

がるものである。

尚, こうした小学校の空間観念の学習を得て, 中学校では数学的に投影図としてまとめられ, 3次元空間の立体図形を2次元の平面図形の組み合わせとして見るようになる。更には幾何学的には射影幾何学などの学問体系へと進むようになる。

④空間観念に関するカリキュラムへの提言

空間観念を見る視点をイギリスの教科書 (T.R. Goddard&A.W.Grattidge, 1969) や國本 (1996a) のように低学年から日常の場面や遊びの場面を用いて繰り返し扱い, 中学校に行ってから正式の投影図として扱うようにする。更には, 低学年から空間を見る視点を日常の場面でも扱っていくようにする。

このカリキュラムへの提言は, 1 (1) で述べた研究の意義に繋がるものである。

5.2 課題

①今回はサッカーの静止画や絵を用いて子どもの空間観念を見たが動きのある場面を用いたときの空間観念では空間観念に関する理解の差にどのような相違が表れるのか研究することである。

②4年生で調査したが更に違った学年ではどうなるのかを検証する。4年生で扱った理由は直方体や立方体の立体図形を正式に扱う学年であるからである。

③空間観念に於いては算数場面+日常場面の空間観念がサッカー場面の空間観念と関連があるという結論に達したが体育科教育に於ける他の運動場面との関連などの一般化については今後の課題である。

④今回の調査問題では「空間自由移動能力」と「位置をとらえる力」に焦点を当てたが, 次に「空間の広がりをとらえる力」に着目した問題の作成をし, 調査することである。

⑤空間観念に関するサッカー経験者と未経験者との理解の差を調べることである。

⑥本論文では算数場面の後に日常場面を扱い,

サッカー場面の理解度を見たが, 逆に日常場面を扱い, その後に算数場面を扱い, 更に最初に扱ったものとは異なる日常場面を扱うことも考えられる。そうした場合, 子ども達のサッカー場面の理解度はどのようになるのかといった指導の順序性については検討すべき課題である。また, 吉田・エリック (2009) は「提示する事例がふえるにしたがって, 学習した知識が転移する範囲が, すでに学習した事例と表面的に類似する問題から類似しない問題へも広がっていくことが確かめられた。」(p.168)と述べており, 判断材料が一つより複数のほうが活用しやすいことが分かる。このことを受け, 日常場面として扱う問題の内容(量や質)も検討すべき今後の課題である。

注

1) 本論文では「算数場面」を「狭義の算数」, 「算数場面+日常場面」を「広義の算数」という意味で用いることとする。詳しく見ると, 算数場面は4 (2) で述べているように純粋な算数を用いて解く問題であり, 日常場面は同じく4 (2) で述べているように日常的に見られる場面を, 算数を用いて解く問題であり, 算数場面に日常場面を付加するとは, 狭義の算数を用いて解く算数場面の後にその狭義の算数と, それまでに学習した算数を用いて解く日常場面を指導することである。このことを授業で言えば, 算数場面の後に日常場面を扱うことであり, 調査分析で言えば, 本調査問題(巻末資料①参照)の「算数場面」問題1と「日常場面」問題3を合わせたデータと「サッカー場面」のデータとの相関を見たものである。これは3 (1) で述べているイギリスの教科書 (Beta Mathematics) や國本 (1996a) を参考にして取り入れたものである。算数場面と日常場面(日常生活や遊びの場面)を深く結びつけるべく設定したものである。

2) 空間認知研究は日本認知学会で述べられて

おり、杉本・楠見（2010）は「サーヴェイ的視点（survey perspective）とルートの視点（route perspective）という2つのパースペクティブを定義した。サーヴェイ的視点では空間をとらえる際の視点（viewpoint）の位置が鳥瞰的になっており、それに応じて方向を表すために東西南北といった環境中心参照枠に基づいた参照点を使用される。それに対してルートの視点では空間情報は1人称の視点で取り扱われ、方向を表現するためには前後左右といった自己中心的参照枠に基づいた言葉が用いられる（p.280）」とあり、浅村（2002）はこの2つの視点を採る場合、「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（p.2）」と述べている。このことから空間認知研究でのサーヴェイ的視点（survey perspective）とルートの視点（route perspective）は広い空間を対象にしていて、特にサーヴェイ的視点（survey perspective）は東西南北で見るということが述べられていることが分かる。しかし藤井ら（2014）は狭い空間（ピッチ空間）を取り上げ対象物の位置関係を東西南北ではなく前後左右で表している。このことから本研究では藤井の考えに立脚する。

- 3) ただし、見える面同士の長さの関係については扱わずに正式に投影図を学習する中学校の内容とする。また、「正面」「真横」「真上」から見える面の形を基にして立体図形を想像させる学習なども扱わない。これもまた中学校の内容とする。本研究ではあくまでも空間を見る視点である「正面」「真横」「真上」「斜め上」などを重視しどのように見えるかを体験させ、これらの体験を通して空間を見るとき視点意識させる。
- 4) 見取り図とは、「立体図形を空間にある図形

としてとらえるために、ひと目でその形がわかるように書いた図である。視点の位置によって、目に写る形がいろいろ変わる（中略）また、見取り図には「斜投影図法」「等角投影図法」「不等角投影図法」の3通りがある（野村，1968，pp.61-62）。この視点の位置について稲嶺（1995）は斜上視空間という用語を用いて、「地表に対して斜め上から見下ろす見方である。当然ものについても斜め上から見ることになる。ものは上面と一側面と前面が描かれ、等角投影図法や斜投影図法で描かれたものと同じ効果をもつ。（中略）斜め上から見下ろす視線の角度は遠近にかかわらず、常に一定の角度を保つので、ものの平行な稜線は平行に描かれる。（p.14）」と述べている。この野村や稲嶺を基にして、本論文では見取り図的な視点をひと目でその形がわかるように斜め上から見る視点のことを指す。

- 5) 5年生と6年生は学校行事等の関係上、問題4以外の実施となった。

引用・参考文献

- 浅村亮彦（2002）「空間学習時の視点と空間的メンタルモデル」『文教大学情報研究』27, pp.1-13.
- 新井美津江（2015）「問題解決に於ける空間的思考の様相－視点の移動に着目して－」『公益社団法人日本数学教育学会, 秋期研究大会発表集録』48, pp.221-224.
- 遠藤保仁（2017）『一瞬で決断できるシンプル思考』株式会社 KADOKAWA, pp48-59.
- 藤井紀之, 中本浩輝, 幾留沙智, 畝中智志, 森司朗（2014）「サッカー選手のサーヴェイ的視点（俯瞰的視点）とメンタルローテーション（心的回転能力）の関連」『スポーツ心理学研究』41(2), pp.93-103.
- 藤井斉亮（2014）『新編 新しい算数科 6 数学へジャンプ！』東京書籍株式会社, pp.1-259.
- 狭間節子（1995）『小学校算数実践指導全集 7 空間観念を育てる立体図形の指導』日本教育

- 図書センター, pp.46-57.
- 狭間節子(2002)『こうすれば空間図形の学習は変わるー小・中・高 算数科・数学的活動を生かした空間思考の育成』明治図書出版, pp.21-22.
- 長谷豊(1995)「算数科の活用能力を高める指導法に関する一考察ー既習能力の理解・維持・応用に焦点を当ててー」『東京都教員研究生研究報告書』 pp.1-88.
- 林田憲明,中村尚志(2018)「特別な支援を必要とする子どもの活用する力の向上ー知的障害特別支援学校小学部算数科の取り組みー」『佐賀大学教育実践研究』 36, pp.373-381.
- ハンス・オフト(大原祐志訳)(1994)『Coachingーハンス・オフトのサッカー学』小学館, p.35.
- 平林一榮(2000)「空間・立体に関する教材研究」『数学教育に於ける空間思考の育成に関する研究』科学研究成果報告書, pp.179-182.
- 稲嶺成祚(1995)「絵画における四つの基本的空間と児童画」『琉球大学教育学部教育実践研究指導センター紀要』第3号,pp.13-19.
- 影山和也(2003)「数学教育における空間的思考の水準に関する研究(広島大学学位論)」 pp.11-24.
- 梶外志子, 杉山吉茂(1991)「マクロ空間の把握とその表現について」『数学教育論文発表会論文集』 24,pp.359-364.
- 金本良通(2010)『活用力を育てる!算数科授業プラン&ワークシート 30』明治図書出版株式会社, pp.9-10.
- 上月幸代(2012)「小学校に於ける「空間思考力」に関する研究:立体と投影図の実験授業を通じた児童の実態と教材の有効性について」『数学教育学研究:全国数学教育学会誌』 18(1), p.51-57.
- 木島章文, 吉田茂(1998)「アメリカンフットボール選手の習熟差と問題空間」『日本スポーツ心理学会.スポーツ心理学研究』25(1), pp.65-74.
- 國本景亀(1996a)「空間直観力と論理的思考力を育成するための教材開発と指導法の改善」『平成6~7年度科学研究費補助金(一般研究C)研究報告書』 pp.59-87.
- 國本景亀(1996b)「空間観念を育成するための方法論に関する研究」『高知大学教育学部研究報告』 1(53), pp.11-27.
- 国立教育政策研究所(2014)「資質や能力の包括的育成に向けた教育的過程の基準の原理」『平成25年度調査研究等特別推進経費調査研究報告書』 pp.1-290.
- 前田隆一(1979)『算数教育論』金子書房, pp.219-224.
- 松森靖夫(1983)「児童・生徒の空間認識に関する考察(Ⅲ)ー視点移動の類型化についてー」『日本理科教育学会研究紀要』 24(2), pp.27-34.
- 文部省(1982)『小学校 算数科 指導資料 図形の指導』大日本図書株式会社, pp.15.
- 文部科学省(2012)「幼児期運動指針ガイドブック」 pp.17-28.
- *文部科学省ウェブサイトより引用(文部科学省, http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/undousisin/1319772.htm(2018年9月17日検索)
- 文部科学省(2017)『小学校学習指導要領(平成29年告示)解説体育編』 pp.1-245.
- 野村武衛(1968)『新版算数指導の研究 4下』中教出版株式会社, pp.61-62.
- 太田伸也(2014)「空間図形の教材研究における「対象/視点」の役割:空間の分割の問題を事例として」『日本数学教育学会誌.数学教育学論究.日本数学教育学会編』 96, pp.17-24.
- 太田伸也(2015)「空間を観る「対象/視点」の枠組みで「視点移動能力」を考えるー理科教育研究に於ける「視点移動能力」に着目してー」『公益社団法人日本数学教育学会,秋期研究大会発表集録』 48,pp.225-228.
- 小塩真司(2015)『研究をブラッシュアップする SPSSとAmosによる心理・調査データ解析』東京図書株式会社, pp.1-258.
- 杉本匡史, 楠見孝(2010)「空間メンタルモデルの形成に及ぼす空間処理能力の個人差」『日本

- 認知科学会第 27 回大会発表論文集』 pp.280-286.
- 関根和生, 高梨克也 (2012) . 「サッカーに於ける守備側選手が攻撃側選手との時間的と空間的ズレを埋めるための手がかり」『日本認知科学会第 28 回大会発表論文集』 pp.601-608.
- 樽川香澄, 井上智雄, 岡田謙一 (2013) 「サッカーの戦略会議を支援する複数視点をを用いた協調作業空間」『情報処理学会論文誌.デジタルコンテンツ』 1(1), pp19-26.
- T.R. Goddard & A.W.Grattidge (1969). 「*Beta Mathematics*」 『 Schofield & Sims Ltd Huddersfield』
- 山田和美, 田中住江, 山本那津子, 日向伸 (2006) 「空間認識力をはぐくむ授業」『新潟大学教育人間科学部紀要』 9(2), pp.37-44.
- 吉田甫, エリック・ディコルテ (2009) 「子どもの論理を活かす授業づくりーデザイン実験の教育実践心理学ー」 北大路書房株式会社, pp.165-180.

巻末資料①

算数の図形の調査

年齢：_____ 性別：男子 女子
出席番号：_____

- ①. あなたは、現在、クラブ活動や習い事で、サッカーをやっていますか、または、やっていましたか。 はい・いいえ
- ②. 今までに体育の授業でサッカーをやったことはありますか。 はい・いいえ

問題 1

(1) 図1の直方体(はこの形)を㉔㉕㉖㉗のカメラでとりました。下の(A)から(E)の写真はどのカメラでとったのでしょうか。()の中に㉔から㉗の記号で書きましょう。 ※同じ記号を2回以上使うことはできません。

左横 上 正面(前) 右横

A B C D E

答え() 答え() 答え() 答え() 答え()

問題 2

図3はサッカーの試合時の写真です。 ※ ○と□の選手は全員が見えています。(1)から(3)までの問題に答えましょう。



(1) 図3の○印で囲った選手からは他の選手はどのように見えていますか。次の1から4の中から1つ選び、数字を○で囲みましょう。

1 2 3 4

(3) 図3を上から見たときにどのように見えますか。下の1から4の中から1つ選び、数字を○で囲みましょう。 ● = 赤チーム ○ = 黄色チーム

1 2 3 4

なぜそう思いましたか。下の欄に理由を書きましょう。

理由:

(2) 図2(3つの箱を並べたもの)を㉔㉕㉖㉗のカメラでとりました。下の(A)(B)(C)の写真はどのカメラでとったのでしょうか。()の中に㉔から㉗の記号で書きましょう。

左横 上 正面(前) 右横

A B C

答え() 答え() 答え()

なぜそう思いましたか。下の表に理由を書きましょう。

	理由
A	
B	
C	

なぜそう思いましたか。下の欄に理由を書きましょう。

理由:

(2) 図3の□印で囲った選手からは、他の選手はどのように見えていますか。1から4の中から1つ選び、数字を○で囲みましょう。

1 2 3 4

なぜそう思いましたか。下の欄に理由を書きましょう。

理由:



(3) 図3を上から見たときにどのように見えますか。下の1から4の中から1つ選び、数字を○で囲みましょう。 ● = 赤チーム ○ = 黄色チーム

1 2 3 4

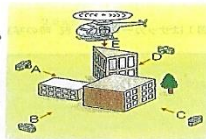
なぜそう思いましたか。下の欄に理由を書きましょう。

理由:

問題 3

① どのように見える?

① 下の㉔, ㉕, ㉖, ㉗, ㉘, ㉙の写真は、それぞれA, B, C, D, Eのごとからとったものかな。



㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙

A B C D E

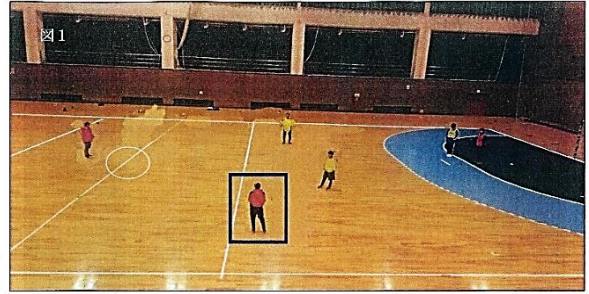
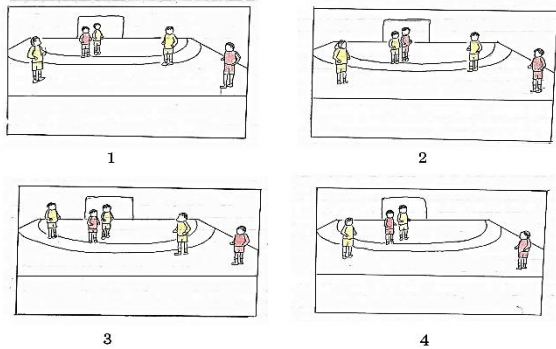
下の表の答えにどのカメラから見える写真か、記号(㉔㉕㉖㉗㉘㉙)を書きましょう。なぜそう思ったのか、理由も書きましょう。

答え	理由
A	
B	
C	
D	
E	

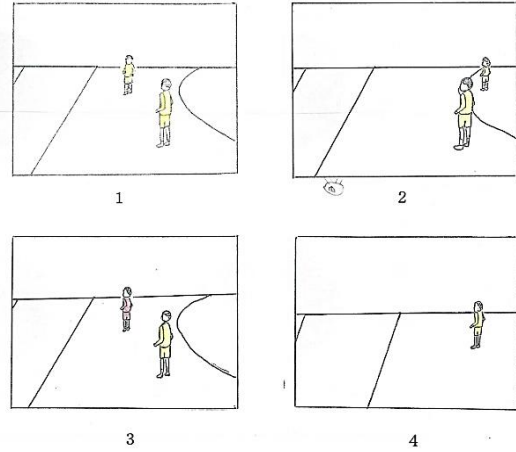
問題4 図1はサッカーの状況時の写真です。(1)～(3)までの問題に答えましょう。



(1) 図1の○印で囲った選手からは他の選手はどのように見えていますか。
次の1から4までの中から一つ選び数字を○で囲みましょう。



(2) 図1の□印で囲った選手からは他の選手はどのように見えていますか。
次の1から4までの中から一つ選び数字を○で囲みましょう。



(3) 図1を上から見たときにどのように見えるか、1から4までの中から1つ選んで丸をつけましょう。
● = ピンクチーム ● = 黄色チーム

※図内にある黒線を写真奥の白線とする。

