

建築設計教育における学生の空間スケール感

図面のトレースによる空間スケール感の教育効果

STUDENTS' SENSE OF SPATIAL SCALE IN ARCHITECTURAL DESIGN

Educational effect of tracing drawings on the sense of spatial scale

○和田 浩一（職業能力開発総合大学校）*1 林 亮佑（関東職業能力開発促進センター）*2
伊丹 弘美（職業能力開発総合大学校）*3 高木 舜典（関東職業能力開発促進センター）*4

*1 WADA koichi, Polytechnic University of Japan, Ogawa nichimachi Kodaira Tokyo, 187-0035, wada@uitec.ac.jp

*2 HAYASHI Ryosuke, Polytechnic Center Kanto, Minami Kibougaoka Asahi-Ku Yokohama Kanagawa, 241-0824, rhysh@outlook.jp

*3 ITAMI Hiromi, Polytechnic University of Japan, Ogawa nichimachi Kodaira Tokyo, 187-0035, h-itami@uitec.ac.jp

*4 TAKAGI Mitsunori, Polytechnic Center Hakodate, Hiyoshi Hakodate Hokkaido, 041-0841, 0324takagim@gmail.com

キーワード：建築設計，設計教育，スケール感，トレース

1. はじめに

建築設計では、建築主の要求からコンセプトと設計条件を定め、エスキスにおいて機能図、ダイアグラム、スケッチ、簡易的な模型作成などのプロセスを経て建物の形がつけられる。建物の形をつくる時、実空間および縮尺のかかった図面において正確な大きさを捉えたり描いたりする技能や設計寸法に関する知識など、設計者のスケール感（以下、空間スケール感）が必要である。空間スケール感とは、建築教育や実務経験のなかで習得できると考えられている。そのため、初学者の空間スケール感習得の状況と設計教育の効果を明らかにすることが建築設計教育に求められる。

空間スケール感に関する認知科学の研究では、Anthony D. Cate ら⁽¹⁾が、大きさを視覚するとき脳が反応する領域が建物規模と人体規模の大きさによって異なることを明らかにした。本研究は、身体に近い住宅規模の空間スケール感を扱う。

学生の空間スケール感に関する研究では、秋田ら⁽²⁾⁽³⁾が、物差しを使わずに縮尺 1:100 で 20 畳の居間を学生にスケッチさせた。その結果、空間スケール感に有効なのは、縮尺を表示した目盛りと身体スケール（縮尺 1:100 で描いたヒトのスケッチ）であると考察している。また、学年が進むにつれて縮尺をかけてスケッチする正確さが向上すること、および図面から捉える大きさが不正確な学生は描く大きさも不正確であることを明らかにした。

建築設計において建物の形をつくる際に、設計寸法に関する知識、実空間における空間スケール感、縮尺をかけた空間スケール感が必要であると考えられる。しかし、Fig.1 に示すように学生にはそれが十分身に付いていないため、不適切な大きさで設計する様子が散見される。

筆者ら⁽⁴⁾⁻⁽⁷⁾は、建築設計初学者が描いた設計課題の作品

に着目し、住宅図面に描かれた家具や設備機器の大きさを調査した。その結果、初学者は、実際より小さい寸法で設計する傾向があることを明らかにした。

本研究では、住宅規模の身体に近いスケールを扱い、初学者の設計寸法に関する知識の正確さ、および実空間における空間スケール感、縮尺 1:100 をかけた空間スケール感の正確さを調査し、初学者の空間スケール感の習得状況と設計教育として簡単な図形のトレースを実施したときの空間スケール感教育の効果を明らかにする。

2. 研究方法

本研究では、建築を専攻する学生（以下、学生）を対象感の教育を実施する。得られた回答は学年ごとに集計して比較し、空間スケール感の特徴を明らかにする。

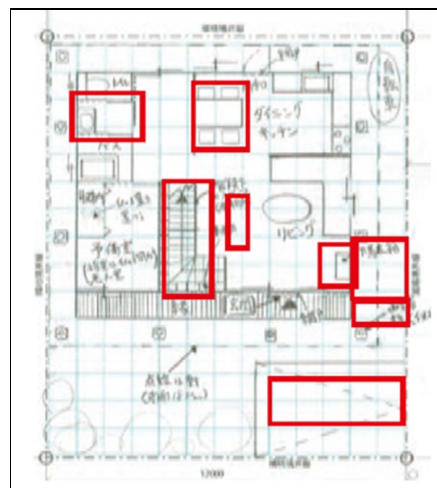


Fig.1 Sketches drawn by students

2.1. 調査対象

本研究では、初学者の空間スケール感の正確さ、およびトレースによる空間スケール感の教育効果を明らかにするために、S大学で建築を専攻する1年生から3年生までの学生（以下、学生）を対象に、空間スケール感の調査とトレースによる空間スケール感教育を実施した（Fig.2）。学生は、普通課程の高等学校から進学した18歳から22歳までの学生が大半を占めている。学年の人数は、1年生が24人、2年生が28人、3年生が26人、4年生が31人である。このうち協力を得られたのが、1年生が24人、2年生が26人、3年生が20人、4年生が23人だった。S大学では一般的な大学の建築教育に加え、木造や鉄筋コンクリート造の建物（縮尺1:1）をつくる建築施工実習が多い特徴がある。

2.2. 調査の方法

調査時期は、2021年5月から2ヶ月間である。調査は、Fig.3に示すプロセスで実施した。1日目は、空間スケール感の正確さについて調査を実施し、直後にトレースによる教育を実施した。教育は空間スケール感を定着させるため、1日目および1週間後、2週間後の計3回実施した。3週間後は、空間スケール感の教育効果を明らかにするために、1日目と同じ空間スケール感の調査内容を再び実施した。

調査した内容は、Table 1に示すように、「身体」「家具」「通路・空きスペース」「部屋」「車・駐車スペース」に関する寸法知識（以下、寸法知識）である。

また、実空間を目測したり大きさを身体で表現する技能と縮尺1:100で読み書きする技能である4つの技能（以下、4つの技能）についても調査を行った（Table 2）。

（1）「見る」技能

実空間で実物を目測する「見る」技能では、棒の長さ①300mm、②500mm、③900mm、④1200mm、⑤1800mmを学生に回答させた。

（2）「示す」技能

指示された寸法を正確に両手の幅で示す「示す」技能は、①300mm、②500mm、③900mm、④1200mmを設定した。指定する寸法は、結果を比較するために「見る」技能と同じ寸法を設定した。ただし、提示の際は推測されないように順番を変えた。また、手を広げて示せる寸法とし、身長に近い寸法は除外した。

（3）「読む」技能

縮尺1:100の図形を目測して寸法を正確に捉える「読む」技能は、①600mm、②900mm、③2000mm、④3500mm、⑤4500mmを学生に回答させた。

（4）「描く」技能

矩形を縮尺1:100で大きさを描く「描く」技能は、縮尺1:100の矩形①1000mm×1000mm、②910mm×1820mm、③1800×4500mm、④2730mm×3640mmを学生にフリーハンドで描かせた。

2.3 空間スケール感の正確さ

寸法知識については、Fig.4に示すように、得られた回答値が適切な寸法の範囲の場合「正確」、±10%以内を「やや正確」、それ以外を「不正確」とし、3段階の正確さに分類

学年	: 協力が得られた人数 / 学年の人数
1年生	: 24人 / 24人
2年生	: 26人 / 28人
3年生	: 20人 / 26人
4年生	: 23人 / 31人
(23人のうち建築設計を選択していた学生が10人)	

Fig.2 Subject of the survey

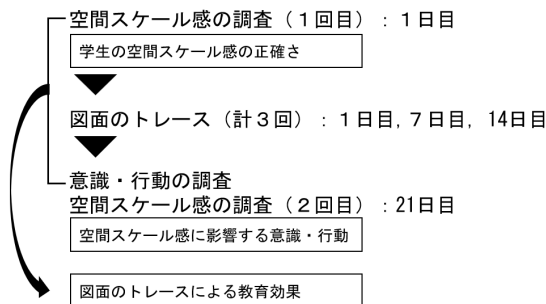


Fig.3 Scale Survey Methodology

Table 1 Sense of spatial scale (dimensional knowledge)

調査項目	調査内容
(1) 身体	①広げた手の幅（スパン） ②肩幅 ③身長 ④両手を広げた幅（ヒロ）
(2) 家具	①椅子（W×D） ②学習机（W×D） ③1人掛けソファ（W×D） ④4人掛けソファ（W×D） ⑤シングルベッド（W×D）
(3) 通路・ 空きスペース	①階段（蹴上げ×踏み面） ②住宅の一般的なドアの幅 ③1人が歩くための廊下の幅 ④着席するための机から壁までの幅 ⑤着席した人の後ろを通るための机から壁までの幅 ⑥車椅子が通るための廊下の幅
(4) 部屋	①1畳（W×D） ②1坪（W×D） ③6畳（W×D） ④8畳（W×D） ⑤10畳（W×D）
(5) 車・ 駐車スペース	①乗用車（W×D） ②駐車スペース（W×D）

Table 2 Four skills of spatial scale

調査項目	調査内容
(1) 「見る」技能	棒の長さを学生に目測させた 提示した寸法：300mm, 500mm, 900mm, 1200mm, 1800mm
(2) 「示す」技能	指定した寸法を学生に両手の内法幅で示させた 指定した寸法：300mm, 500mm, 900mm, 1200mm
(3) 「読む」技能	縮尺1:100の平面図で居間を提示して 指定した箇所の寸法を学生に回答させた 提示した寸法：600mm, 900mm, 2000mm, 3500mm, 4500mm
(4) 「描く」技能	縮尺1:100で指定した矩形を学生にフリーハンドで描かせた 指定した矩形：1000mm×1000mm, 910mm×1820mm 3640mm×2730mm, 1800mm×4500mm



した。また、4つの技能の回答値は、指定した寸法の±10%以内の範囲にある回答値を「正確」、その範囲外にあり、指定した寸法の±20%以内の範囲にある回答値は、「やや正確」、それ以外の回答値を「不正確」に分類した。空間スケール感を分析するときには、「正確」を2、「やや正確」を1、「不正確」を0に得点化した。

2. 4. トレースによる空間スケール感教育

学生の空間スケール感の正確さを向上させるために、学生に毎週1回、3週間に渡って図形をトレースさせた。トレースでは、寸法知識の項目と同じ(2)家具、(3)通路・空きスペース(①階段の蹴上げと②階段の踏み面を除く)、(4)部屋、(5)車を縮尺1:100の図形を提示した(Fig.5)。その図形を目盛付き定規で測り、同じ縮尺で別の用紙に1回ずつトレースさせた。トレースする際、実際の大きさを意識して覚えるよう学生に助言した。

3. 結果・考察

3. 1. 学生の空間スケール感

設計寸法に関する「寸法知識」の分析結果を Fig.6 に示す。横軸は適切な寸法の範囲の中央値 [mm]、縦軸は得られた回答 [mm]、グラフの対角線は正確な寸法を表す目安、マーカーが回答の中央値、上下のひげが回答の第1および第3四分位である。設計寸法に関する知識は、[0-2000mm]を見ると家具と通路・空きスペース共に500mm程度までは寸法を正確に認識しているが、それよりも大きくなると標準的な大きさよりも大きく認識しており、1000mmを超えると小さく認識していた。また、1300mmの「着席して人の後ろを通るための机から壁までの幅」については、標準的な大きさよりも小さく認識していた。これは、座るための行為の大きさと人が通るための大きさの空間が重なると、必要な大きさの空間が小さく認識され、誤差も大きくなると考えられる。また、部屋の大きさも狭い空間をより狭く認識していた。

次に [0-6000mm] を見ると大きな空間ほど誤差が大きくなり、車・駐車スペースについては、ほとんどの学生がとても小さく認識していた。大きな家具や車・駐車スペースの寸法を記憶していない場合、普段見ている大きさを思い出して回答していると推察されるが、対象が大きくなると遠近方向の目測に誤差が生じるため、奥行き目測には注意が必要である。

このような標準的な大きさよりも小さく捉えている知識の誤りが、エスキスの際に部屋の大きさの許容量を超えた家具を配置する原因の一つとなっていると考えられる。

次に4つの技能を示したのが Fig.7 である。「見る」技能および「示す」技能において、500mm 以下は実際の寸法と同程度で、それ以上は、実際よりも10%程度大きく捉える傾向があった。縮尺1:100の「読む」技能については、1000mm までは正確だが2000mm よりも大きなスケールになると実際よりも10%程度大きく捉えていた。「描く」技能については、小さなスケールから20%程度小さく描く傾向があり、2000mm 以上の大きなスケールになると30%程度となり、その傾向が顕著になった。

「寸法知識」および4つの技能共に指定した寸法が大きくなるほど、誤差とばらつきが大きくなる傾向がある。また、4つの技能の中で正確なのは「見る」技能、「示す」技

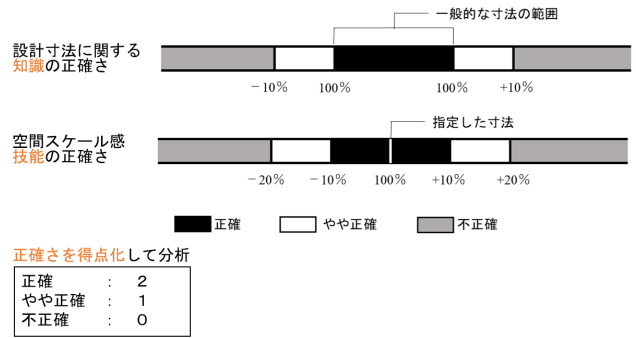


Fig.4 Evaluation of accuracy of answers

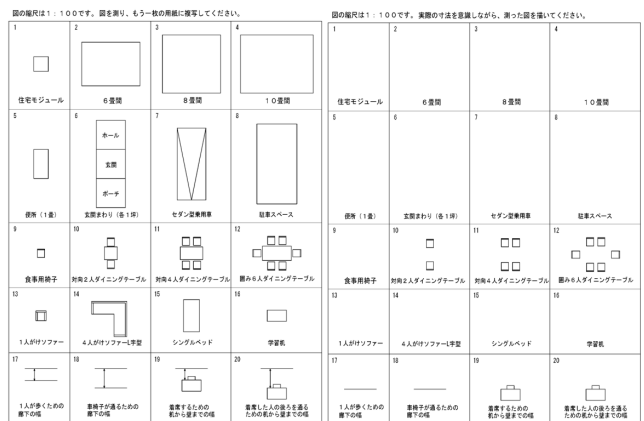


Fig.5 Education of sense of spatial scale by tracing figures

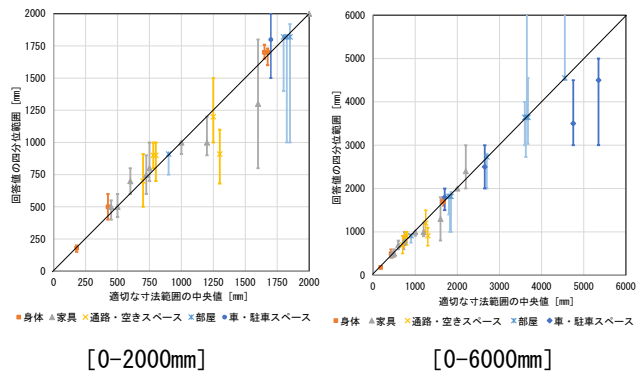


Fig.6 Accuracy of design dimension knowledge (N=93)

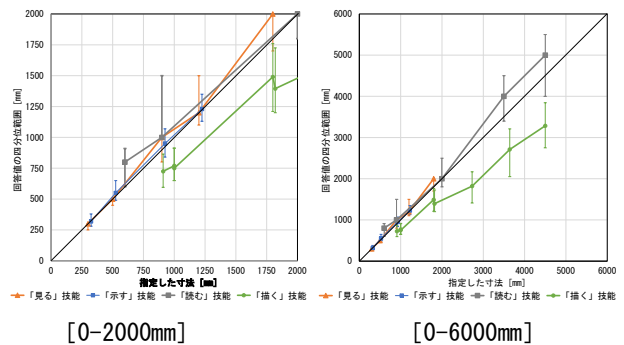


Fig.7 Accuracy of spatial scale sense skills (N=93)

能、「読む」技能、「描く」技能の順である。特に「描く」技能は、全ての寸法において実際よりも小さく描く傾向がある。

「寸法知識」として家具や通路・空きスペースの大きさを実際よりも小さく捉えていることに加え、「描く」技能でも実際よりも図形を小さく描く傾向にあるため、さらに描いた時の誤差が大きくなっている。つまり、このような空間スケール感により、エスキスにおいて部屋の許容量を超えた家具や設備を配置しても不適切さを感じない原因になっていると考えられる。

「寸法知識」と4つの技能について学年ごとに比較したのが、Fig.8である。「寸法知識」が最も正確で、次に「見る」技能、「示す」技能、「読む」技能の順だった。実空間における「見る」技能よりも身体で表現する「示す」技能の方が難しい。縮尺1:100になると、さらに難易度が高くなり、「読む」よりも身体で表現することが必要な「描く」技能の方が難しい。

「寸法知識」については、3年生が最も正確で、次に4年生、2年生、1年生の順だった。学年が進むにつれて「寸法知識」が正確になるが、4年生になると建築設計の授業や施工の実習がなくなるため、寸法を忘れ始めていると考えられる。「見る」技能も3年生が最も正確で、他の学年は同程度であった。3年生は、施工実習の授業が多いことから実際の材料や建物の大きさを測ることが多いため、3年生が最も正確だったと考えられる。「示す」技能も同様に、3年生が最も正確で、4年生、2年生、1年生の順だった。一方で、「読む」技能は4年生、2年生、1年生は同程度だが、3年生が最も低い結果となった。また、「描く」技能も同様に3年生が最も低い結果となった。3年生になると図面の読み描きが、手描きからCADになり、そのことが大きく影響していると考えられる。

3.2. 図面のトレースによる空間スケール感の教育効果

前節では、学生の空間スケール感の正確さを明らかにした。ここでは、学生の空間スケール感を向上させるために、学生に3週間に渡って毎週1回、計3回、図形のトレースをさせた。その教育効果を分析する。

(1) 「寸法知識」の教育効果

「寸法知識」の教育効果を示したのが Fig.9である。[0-2000mm]における家具、部屋、車・駐車スペースの「寸法知識」は、トレース後に正確さが向上し、バラツキも小さくなった。しかし、通路・空きスペースの「寸法知識」は他の大きさに比べて、向上しなかった。その理由として前述したとおり、座る行為に必要な大きさや人が通るための大きさの空間が重なったとき、形のない大きさをイメージするのが難しかったからだと考えられる。

[0-6000mm]においても全般的にトレース後に正確さが向上したが、車・駐車スペースについては、未だ標準的な大きさよりも少し小さく認識していた。

(2) 4つの技能の教育効果

4つの技能の教育効果を示したのが Fig.10である。についてみると、[0-2000mm]では、「見る」技能、「示す」正確さが向上したが、「描く」技能は、小さく描く傾向が、変わらなかった。大きさを身体で表現する技能について3回程度のトレースでは、技能が向上しにくいと考えられる。そのため、何度も反復練習することが必要である。

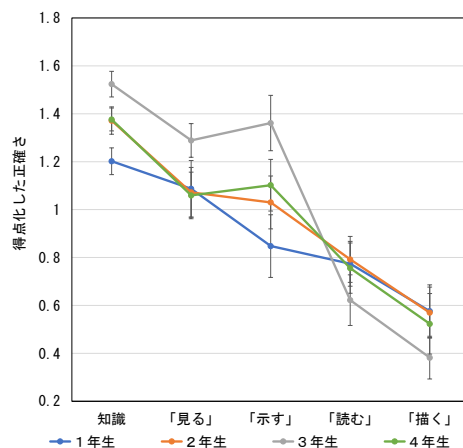


Fig.8 Spatial scale accuracy for each grade level (scoring average)

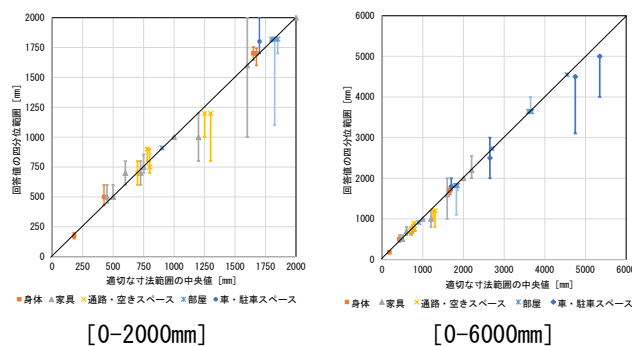


Fig.9 Educational effects in dimensional knowledge

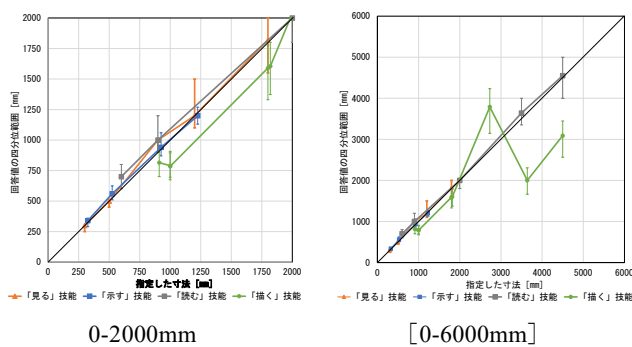


Fig.10 Educational effectiveness of spatial scale skills

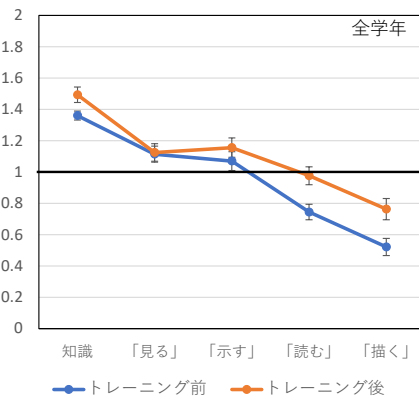


Fig.11 Effectiveness of spatial scale education

(3) 学年ごとの教育効果

学年全体の「寸法知識」と4つの技能を示したのが Fig.11 である。「見る」技能の変化はなく、「寸法知識」と「示す」技能は0.1の僅かな向上に留まり、「読む」技能と「描く」技能は、0.2程度向上した。縮尺1:100の図形の大きさを測って別の紙にトレースするという教育内容が、直接的に効果として現れた。さらに「寸法知識」としても僅かながら蓄えられたことになる。実空間における「見る」技能については、トレースすることと関連付けられていないため、教育効果が無かったと考えられる。つまり、縮尺がかかった図面のトレースは、「寸法知識」と縮尺がかかった図面の読み描きには効果があるが、実空間における空間スケール感教育には効果がない。そのため、実空間における空間スケール感教育が別途必要であるが分かった。

学年ごとの教育効果を示したのが Fig.12 である。1年生は「読む」技能以外の技能が向上した。特に「示す」技能が大きく向上した。2年生は、「読む」技能と「描く」技能は向上したが、「見る」技能と「示す」技能は低下した。3年生は、CADの利用により「読む」技能と「描く」技能の空間スケール感が低くなっていたが、トレースすることにより忘れていた縮尺がかかった図形の空間スケール感を取り戻したと考えられる。4年生は、縮尺がかかった図形の読み描きの空間スケール感が低くなっていた。トレースすることにより僅かながら空間スケール感が向上したが、3年生ほど向上しなかった。手描きで縮尺がかかった図形を描かなくなってからしばらく時間が経過していることが影響していると推察される。

4. まとめ

建築設計において建物の形をつくる際に、設計寸法に関する「寸法知識」、実空間(1:1)における空間スケール感、縮尺(1:100)をかけた空間スケール感が必要である。本研究では、学生の空間スケール感の正確さを明らかにするために、設計寸法に関する「寸法知識」および空間スケール感における4つの技能について調査した。さらに、学生の空間スケール感の正確さを向上させるために、図面のトレースによる教育を実施した。その結果、以下のことが明らかになった。

(1) 設計寸法に関する「寸法知識」

設計寸法に関する「寸法知識」は、建築計画で学習する身体のマジュールや廊下幅などの寸法知識としての記憶、ソファや畳など基本的なマジュールからの算出、建築設計課題で空間や家具などを測った記憶、図面トレースの体験によって習得される。

2年生まで学年が進むにつれて、ソファなど家具の寸法に関する「寸法知識」の正確さが向上する。3年生になると、住宅設計がなくなるため家具の寸法に関する「寸法知識」の正確さが少し低下するが、非住宅設計課題により通路、部屋、車など汎用性の高い設計寸法の「寸法知識」の正確さがさらに向上する。4年生になり建築設計の体験がなくなると、身体を除く設計寸法に関する「寸法知識」の正確さが低下する。

家具の寸法を記憶していない場合、実際の家具を目測した寸法を参考に回答することが多いが、遠近方向の目測に誤差が出るため、奥行きを目測には注意が必要である。実

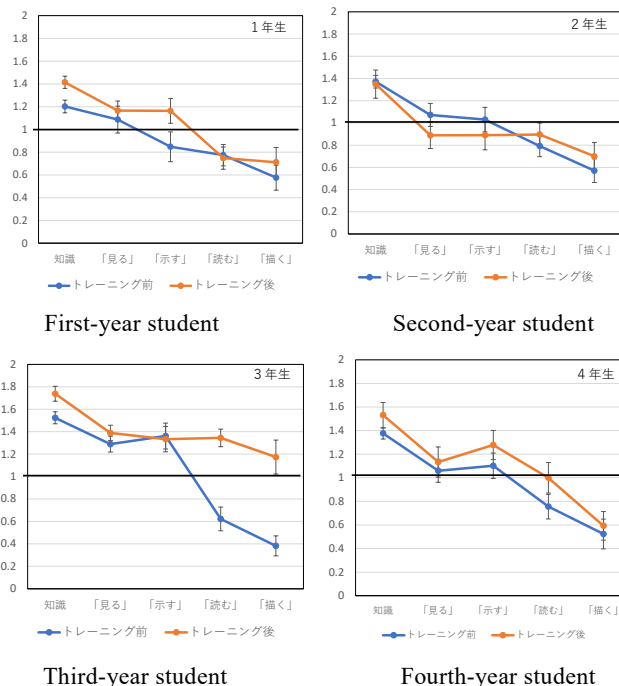


Fig.12 Spatial scale educational effectiveness by grade level

際に形のあるものより形が明確でない空間、さらに動作を考慮した空間の方が大きさを捉えにくい。このような「寸法知識」の誤りが、エスキスで部屋の許容量を超えた家具を配置する原因になっている。

(2) 空間スケール感における技能

学生の空間スケール感における技能は、「見る」技能、「示す」技能、「読む」技能、「描く」技能の順に正確だった。「見る」技能および「示す」技能において、500mm以下は実際の寸法と同程度、900mm以上は、少し大きく捉える傾向がある。「読む」技能は、全ての寸法において大きく、「描く」技能は、全ての寸法において小さく描く傾向がある。技能の種類により、大きさを捉えたり、示したり、描いたりする大きさの傾向は異なる。

空間スケール感の技能は、学年によって特徴がある。1年生および2年生は、大きさを測る経験が少ない状況で基礎製図や設計製図で縮尺のかかった図面を読み描きしていたため、実空間での空間スケール感より先に縮尺のかかった空間スケール感を習得している。2年生から3年生にかけて、施工実習で大きさを測る経験が増えると、実空間での空間スケール感を習得し、縮尺がかかった空間スケール感より実空間での空間スケール感の方が正確な学生が多くなる。4年生は、大きさを測る機会が少なくなり、実空間での空間スケール感が低下する。そのため、実空間で大きさを測る作業を伴う教育、縮尺のかかった図面を扱う教育の両方を継続的に実施する必要がある。

(3) 図形のトレースによる教育効果

トレースは、初学者に図面を読み描きする技能を向上させるだけではなく、知識を蓄積させることにも効果がある。ただし、単に図形を写すだけではなく、大きさを確認しながらトレースすることが重要である。図形をトレースした体験は、トレースしない期間が短ければ、簡単なトレースで空間スケール感を思い出すことに有効である。一方、短期間で簡単なトレースでは、「描く」技能の向上は難しい

め、繰り返しのトレーニングがある。また、図面のトレースだけではなく、実空間における空間と家具・設備などのものを測る作業とを組み合わせさせたスケール感教育を継続的に行う必要がある。

5. おわりに

本研究では、大学における学生の空間スケール感の正確さを明らかにし、図形のトレースによる教育効果を検証した。学生を個別にみると大学のトレースによる教育で「描く」技能の正確さが向上する学生と、向上しない学生に別れた。スケール感が向上しない学生は、実空間と縮尺がかかった空間とを関連付けてトレースしていないと考えられる。そのため今後は、十分に実空間での空間スケール感を習得させた後に縮尺のかかった図面をトレースさせ、その教育効果を検証することが必要である。

文 献

- (1) Anthony D. Cate, Melvyn A. Goodale, Stefan Kohler : The role of apparent size in building- and object-specific regions of ventral visual cortex, *Brain Research*, Vol.1388, pp.109-122, 2011.5
- (2) 秋田美穂, 戸部栄一 : 高さスケールを含む3次元の空間把握習得に関する研究, 日本建築学会建築教育委員会, 第6回建築教育シンポジウム論文集, pp.25-28, 2006.1
- (3) 秋田美穂, 戸部栄一 : 尺度基準を設定することによるスケール感習得の分析～高さスケール感習得における課題の検討～, 日本建築学会建築教育委員会, 第8回建築教育シンポジウム論文集, pp.55-58, 2008.1
- (4) 林亮佑, 和田浩一, 伊丹弘美, 高木舜典 : 建築設計プロセスにおける学生の空間スケール感 その1 知識と技能の正確さ, 日本建築学会梗概集, No.2022, pp.43-44, 2022.07
- (5) 和田浩一, 林亮佑, 伊丹弘美, 高木舜典 : 建築設計プロセスにおける学生の空間スケール感 その2 空間スケール感の正確さと意識・行動との関係, No.2022, pp.45-46, 2022.07
- (6) 高木舜典, 林亮佑, 和田浩一, 伊丹弘美 : 建築設計における学生の空間スケール感に関する研究 —その1 学習期間の長さによる比較—, No.2021, pp.1121-1122, 2021.07
- (7) 林亮佑, 高木舜典, 和田浩一, 伊丹弘美 : 建築設計における学生の空間スケール感に関する研究 —その2 トレースの教育効果—, No.2021, pp.1123-1124, 2021.07
- (8) 小原二郎, 加藤力, 安藤正雄 : インテリアの計画と設計 (第2版), 彰国社, 2000
- (9) 日本建築学会 : 「第3版コンパクト建築設計資料集成」, 丸善株式会社, 2005
- (10) 岩井一幸, 奥田宗幸 : 図解すまいの寸法・計画辞典, 彰国社, 2004
- (11) 堀野和人, 黒田吏香 : 図解すまいの寸法, 学芸出版社, 2017
- (12) 竹内宏俊, 岩岡竜夫, 羽生修二 : 建築におけるスケールの概念について, 日本建築学会計画系論文集, No.594, pp.231-236, 2005.8
- (13) Peter W. Battaglia, Daniel Kersten, Paul R. Schrater : How haptic size sensations improve distance perception, *PLOS Computational Biology*, 2011.11.
- (14) 秋田美穂, 戸部栄一 : 建築系大学教員の設計課題におけるスケール感の認識と設計課題に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.596, pp.235-238, 2005.10
- (15) 稲葉武司, 青木英明, 石黒豊明, 地布久直美, 山口邦子 : 建築教育における尺度能力形成の研究, 共立女子大学研究紀要, 第8号, pp.1-12, 2002
- (16) Kazuhisa Shibata, Dov Sagi, Takeo Watanabe : Two-stage model in perceptual learning: toward a unified theory, *Annals of the NY Academy of Sciences*, Vol.1316, pp.18-28, 2014.3
- (17) Jonathan J. Marotta, Melvyn A. Goodale : The role of familiar size in the control of grasping, *Journal of Cognitive Neuroscience*, pp.8-17, 2001.1
- (18) Buthayna Eilouti : Applied Human Factors in Residential Architectural Design, *Journal of Ergonomics*, Vol.10 Iss.4 No.264, 2020.7
- (19) 中山繁信, 傳田剛史, 片岡菜苗子 : 住宅設計のプロが必ず身につける建築のスケール感, オーム社, 2018