

学 位 論 文 題 名

# シーン内の可変情報の認知に関する心理学的研究

## 学位論文内容の要旨

日常的なシーンは、たとえ同じ場所のものであっても、照明環境や構成要素の変化、観察者の移動などにより、絶えず変化して私たちの目の前に現れる。そのため、全体の見えや印象が大きく変わっても、同じ場所として認識するためには、既存の知識をもとに、各シーンに含まれる様々な情報について、許容される変化を推定する必要がある。つまり、ほぼ常に不変の情報から、大きく変化する可能性がある情報までの、それぞれについて、変化の生起確率、変化範囲や限界、等を適切に扱うための仕組みが必要となる。本論文の目的は、シーン認知における、このメカニズムの重要性を強調した上で、その主要な特性を明らかにすることにある。これまでの、シーン再認に関する研究の多くでは、学習や比較判断に用いる個々のシーンは、基本的に変化しないものとして扱い、複雑に変化する現実世界での再認を、単純化した実験状況で検討してきた。本論文は、シーンは常に変化するものという、より現実的な前提に立った上で、変化を付与することで、複雑化する実験状況を、実現するための工夫、および、多様な変化を同時に評価するための、確率論的方法を新たに提案し、これらの有効性を、実証的に検証しようと試みている。さらに得られた知見をもとに、可変情報を適切に扱うための機能を備えた、シーン認知の全体的解明へ向けて、新たな一步を踏み出そうとしている。

1章では、関連する先行研究の概要が述べられており、それらが持つ問題点の整理をととして、本研究の目的が示されている。また本研究の実験に共通する基本的方法が提示されている。

2章では、観察視点、照明の明るさと色調の3つについて、その保持精度を検討している。いずれもシーンの印象を大きく変える重要な可変情報ではあるが、その変化に伴う刺激画像全体の見えの構造変化が複雑なため、これまでほとんど扱われてこなかった。ここでは、CGによって仮想現実の室内空間を設計し、その二次元投影画像を刺激として用いることで、この複雑な構造変化に対応した。観察視点の変化では、部屋全体の構造における見えの変化だけでなく、配置された家具や調度品等の見えの変化も考慮している。また照明の明るさや色調の変化についても、CG空間内に設置された疑似照明器具の照度と分光組成を変えることで設定している。変数の値はいずれも計算論的な予測値として算出されたものだが、現実世界の変化によく近似しており、視野全体の半分強を占める広範囲の刺激領域や画像の縁を観察させない呈示上の工

夫により、刺激画像全体の生態学的妥当性を高め、実際のシーンの観察に近づくことに成功した。実験 1, 2, 3 では、元の学習シーンと変化量を段階的に設定した変化形を呈示して、識別閾を測定している。これらは変化に対する感受性を示す基盤的な測度となる。実験 1 では、元のシーンと変化形の直後対比較による識別閾を測定している。その結果、視点、明るさ、色調いずれの可変情報も、元のシーンからおおよそ 10% 変化すると 50% の確率で学習シーンと区別された。これは明るさ弁別などの心理物理学実験で用いられる単純なパターンにおけるウエーバー比 (8~10%) とほぼ同じであり、複雑なシーンであっても認知的負荷の少ない状況では、シーンの識別特性は、ほぼ各可変情報の識別力に依存して決まることを示している。次に実験 2, 3 では二者の呈示間隔の長短に伴う影響をみている。その結果、各可変情報の識別閾は間隔の長期化につれて、ほぼ一定の割合で上昇し、識別力は低下した。可変情報間で記憶保持の精度に違いはなかった。

実験 4, 5 では、3 つの可変情報の影響を同時に検討しているが、複数の可変情報の記憶精度を比較する方法として、実験 1 で測定された識別閾、つまり変化検出の確率が 50% の変化量、を基準として、その倍数で変化量をあらわすことによって、情報のタイプによらず変化に対してほぼ同じ心的効果が見込める量を設定できる、と提案している。一般に、恒常法等の心理物理的測定法で得られる 2 刺激変数間の変化量と識別確率の関数は、刺激属性や感覚モダリティに依存せずほぼ同じ形状を示すため、この仮定は妥当である。実験 1 で測定された識別閾のおおよそ 2 倍あるいは 4 倍という高確率で識別される変化量が付与された変化形は、変化のタイプによらず知覚的な気づきやすさという点ではほぼ同じである。元の学習シーンに対して、これら知覚的等歩度に設定された多様な変化形、そして新規シーンも加えて再認判断を行うことで、日常的な場面により近い状況での識別能力について検討できる。結果を見ると、表象の保持期間が長くなるほど情報の精度は落ちるが、実験 1, 2, 3 とは異なり、シーン内のどの可変情報も一様に低下するのではなく、情報タイプによって低下の幅が異なっている。日常において可変情報の変化を経験する頻度や変化の幅は、情報タイプによって異なっていると考えられるが、ここではシーンを記憶として符号化、保持する際に、情報タイプによるこれらの経験の違いに応じて、可変情報の知覚的等歩度の階調における圧縮処理の程度を変えるといった調整が行われると考察している。

3 章では、シーン内の部分的な可変情報であるシーン内の物体の色について検討している。物体色の認知について検討した先行研究では、色は他の情報に比べて検出や記憶の精度が良くないとされてきたが、ここでも可変情報の変化量を一定の基準にもとづいて統制していないという問題点が指摘されている。物体色は色相、飽和度および明度という客観的指標で変化量を示すことが可能であるので、ここでは元のシーンとシーン内のある物体色が変化した変化形における色差を広範囲にわたって組織的に変えている。また物体の大きさと飽和度に複数の条件を

設定することで知覚的誘目性を考慮しつつ、変化発見率に及ぼす色変化量の効果を調べている。先の実験とほぼ同じ室内空間には、平均 10 個の物体（家具や小物）が設置され、その中の 1 がターゲットに設定された。物体には陰影や肌理が施され、色変化量も物体表面の画素単位で行うなど、現実のシーンの見えに近づける工夫がなされている。実験 7 では直後対比較、実験 8 では再認における変化発見率を測定している。その結果、補色の色空間も含めた飽和度の濃淡による色変化量の統制が有効であること、色変化量にほぼ比例して発見率が上昇すること、直後と数十分後では物体色の変化発見の性質が異なり、特に後者では色変化量だけでなく知覚的誘目性の影響が強いことが示された。認知資源の節約が求められる場合には、シーン内での重要度に応じて局所的な情報の保持精度が心内で調節されるとしている。過去の研究の知見とは異なり、物体の色変化は有効な情報であると言える。

4 章では、情報入力の直後から長期的な保持の過程までを考慮して、可変情報を適切に扱うための機構が提案されている。最後に今後の展望として、空間認知研究等へ本研究の方法論を応用することの可能性について、また本論文で報告された結果の妥当性を高めるために、神経心理学的アプローチによる検討の可能性についても述べられている。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 川 端 康 弘  
副 査 教 授 仲 真紀子  
教 授 応 雄

## 学 位 論 文 題 名

### シーン内の可変情報の認知に関する心理学的研究

本論文の成果をまとめると、日常的シーンにおける、①正確な可変情報の識別力の測定と変数としての変化量の有効性の確認、②保持の長期化に伴う情報の減衰量の推定、③複数情報の同時利用時における各減衰率の差異の発見、となる。ここで扱われた可変情報のうち、4 つについては、直後知覚における変化識別閾が含まれており、一部の結果は、より単純な事態で行われた過去の明るさや色識別閾、また方位の認知や恒常性に関する知見とも一致した傾向が見られ、結果の信頼性の高さを示している。これをふまえ元のシーンと変化形の呈示間隔の長短によって記憶保持期間を長くすると、可変情報の識別力は劇的に低下し、数十分で1/3程度になることが初めて実証された。また多様な変化形を含めた再認では、減衰率が各可変情報によって異なることが示されている。この結果に対して本論文では、日常において各種の変化を経験する頻度や変化幅に応じて、知覚的等歩度の階調における圧縮処理を主とした調整を行う恒常性と類似したメカニズムを想定しており、この改良を施すことによってシーン認知システムの機能は格段に向上する。シーンの視覚的記憶表象の研究では、入力情報の大きさと利用できる認知資源の限界から、情報圧縮の方略は常に主要な課題の1つであり、本研究が示した方向性は意義深い。これらの結果は、現実的な状況におけるシーン認知の基本的な能力や特性を含むものであり、従来の研究において提案された認知モデルより柔軟で汎用性が高いと推定される人間のシーン認知システムに迫るための重要な知見と言える。

第二に、方法論的な貢献が挙げられる。他の研究領域にも応用が可能な実験的方法のパッケージとして確立できたことである。日常的なシーンは、可変情報の変化に伴う全体の見えの構造変化が複雑なため、この種の実験刺激としてはほとんど使用されてこなかった。しかしここでは、CGによって動的な仮想現実空間をあらかじめ構成し、平滑化と平均化処理のもと、各種の物理的变化を日常起こりうる変化に近似させ、その上で変化量を計算論的な予測値として付与

するという手法を用いて、効率的に刺激を作成している。また元のシーンに対して、変化を付与したシーン（変化形）を変化量に応じた階調の連続体として利用することで、より現実的な状況で個々の可変情報の精度を測定するといった心理物理学的方法が可能になった。特殊な設備を用いることなく、単なる写真やディスプレイのように見せないで現実のシーンに近づける呈示上の工夫もある。さらに再認課題等では、シーンに現れる多様な変化を比較するために、変化を一定の確率で検出できるような知覚的等歩性にもとづいて変化条件を設定するという工夫も見られ、様相の異なる可変情報も比較することが可能になった。これらの工夫や改良を一体として利用する本論文の方法は、生態学的に妥当なシーン認知処理過程の特性を解明するために多大な貢献をもたらすものと言える。

本委員会は、笠井氏の論文を慎重に審査し、口頭試問を実施して十分な審議を行ってきた。その過程で本論文は、可変情報の処理特性を手がかりに、従来の想定よりも機能が豊富で柔軟性が高いシーン認知システムの解明という意欲的なテーマに取り組んだものであること、独創的な実験方法にもとづく、これまでにない新しい知見を含むものであることが確認された。一方で、本論文が当該領域に与える科学的貢献度は高いものの、他の可変情報やシーンの利用、あるいは異なる実験課題の設定といった問題が検討課題として残されていること、モデル構成についても今後さらに精緻化していく必要があることが指摘された。しかしこれらは本研究の価値をそこなうものではなく、著者の資質からみても、今後のより大きな発展と成果の拡張を期待させるものである。

以上により、本委員会は全員一致で本論文の著者笠井有利子氏に博士（文学）の学位を授与することが妥当であるとの結論に達した。