

心理学を用いた災害シミュレーションの可視化手法の検討

八戸工業大学 高瀬 慎介
(株) NHK メディアテクノロジー 斎藤 丈士
東北大学災害科学国際研究所 森口 周二
東北大学災害科学国際研究所 寺田 賢二郎
東北大学災害科学国際研究所 邑本 俊亮
日本工営(株)先端研究開発センター 櫻庭 雅明

1. はじめに

高密度に蓄積された災害関連データと高度に発展した災害シミュレーションは、メカニズム解明やリスク評価のためのツールという目的だけでなく、3次元可視化を通じてサイバー空間における災害の疑似体験をも実現することが可能である。筆者らは、これまで、様々な災害シミュレーション結果や災害調査結果の3次元可視化コンテンツを作成し、東北大学災害科学国際研究所に設置されている「災害科学情報の多次元統合可視化システム（以下、IMIDeS）」上での効果的な可視化方法について検討してきた。その中で、データの質や量、およびアリティの追求だけでは人々の防災・減災意識を高めるような品質には到達しないことを痛感しており、真の意味で防災に寄与する3次元可視化コンテンツとは、視覚を通じて人の心に訴え、それによって防災意識を刺激するようなものである必要があると考えてきた。それを実現するためには、災害データやシミュレーションの専門的知識に加えて、人間の認知過程に関する知見、およびそれに基づいて可視化コンテンツを作り出すための高い映像技術が求められる。当然ながら、単独の研究分野だけではこれを達成することは難しく、それぞれの要素技術の専門家が防災という出口を見据えて、強固な連携体制の下でコンテンツを構築する必要がある。そこで本研究では、災害シミュレーション、認知心理学、映像のそれぞれの専門家が集結し、人の心に訴える可視化コンテンツの作成を試みた。

2. 可視化コンテンツの選定

本研究は、2つの災害シミュレーション結果について検討を行った。1つは、仙台市の建物の地震応答シミュレーション（図1）、2つめは、山形県月山で発生した雪崩の再現シミュレーション¹⁾（図2）を題材とした。図1、2に示す可視化結果は、これまでのシミュレーション結果の可視化方法によるものである。このデータをもとにIMIDeSにより表現可能な3次元可視化コンテンツを作成した。図3、4に仙台市の建物の地震応答シミュレーションを、図5、6に雪崩の再現シミュレーションの可視化結果を示す。それぞれ視点の違いによる感じ方の影響を調べるため、上方からの視点と下方（人が立ったている状況を想定）からの視点の2パターンの可視化を行っている。

Visualization method of disaster simulation using psychology by S. Takase, T. Saito, S. Moriguchi, K. Terada, T. Muramoto, M. Sakuraba

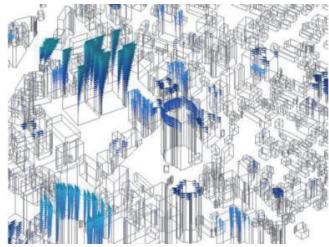


図1：仙台市の建物の地震応答シミュレーション

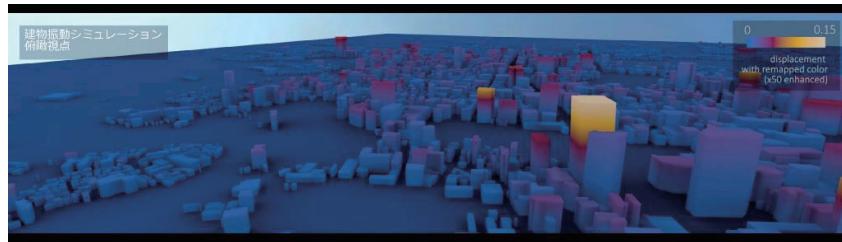
図2：月山で発生した雪崩の
再現シミュレーション

図3：仙台市の建物応答シミュレーション可視化結果（上方視点）

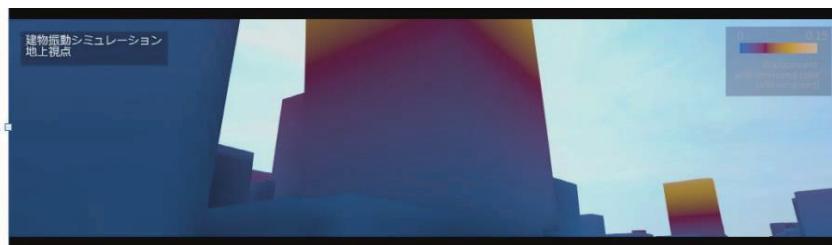


図4：仙台市の建物応答シミュレーション可視化結果（下方視点）



図5：雪崩の再現シミュレーション可視化結果（上方視点）



図6：雪崩の再現シミュレーション可視化結果（下方視点）

3. SD 法を用いた可視化コンテンツに対する印象評定実験の結果と考察

可視化方法による違いが人の心にどのように影響を及ぼすか調べるため、可視化コンテンツを 8 種類（災害 2 種類（雪崩・地震）×次元 2 種類（2D・3D）×視点 2 種類（上方・下方）用意し、1 グループ 6 名で 8 つのグループに対して順番にコンテンツを上映して、上映ごとに 20 個の形容詞対（表 1 を参照）を用いた SD（Semantic Differential）法による印象評定実験を行った。コンテンツの再生順による影響も考慮し、各グループのコンテンツの再生順はバランスをとっている。

実験参加者 48 名の 8 種類の映像それぞれに対する 20 個の形容詞対への回答（合計 384 個）を対象として因子分析（最尤法、プロマックス回転）を行った。分析には、HAD16²⁾を用いた。その結果、4 因子構造を得た（表 1）。各因子の ω 係数から、信頼係数の高さを確認した（F1 : $\omega=.937$, F2 : $\omega=.790$, F3 : $\omega=.752$, F4 : $\omega=.781$ ）。また、適合度指標の値は、 $\chi^2=347.55, p=.000, df=116, CFI=.942, RMSEA=.074$ と十分な値であった。表 1 の各因子に含まれる質問項目の内容から、それぞれの因子を、F1：臨場感、F2：恐怖感、F3：現実味、F4：複雑性と命名した。

各因子に含まれる評定項目について、逆転項目については逆転処理を行ったうえで、平均得点を算出した。災害別の 4 因子それぞれの平均得点を図 7～図 14 に示す。それぞれについて、次元（2D・3D）×視点（上方・下方）の 2 要因分散分析を行った。なお、F1 のみ、欠測値があつたため、F1 に関わるデータのみリストワイズ除去した。

図 7 に示した「雪崩の臨場感」については、次元と視点の主効果が有意であった（ $F(1, 46)=17.16, F(1, 46)=112.07, ps<.01$ ）。3D のほうが 2D よりも平均値が高く、下方のほうが上方よりも平均値が高かった。2 要因の交互作用は有意ではなかった。図 8 に示した「地震の臨場感」についても、次元と視点の主効果が有意であった（ $F(1, 46)=44.42, F(1, 46)=8.51, ps<.01$ ）。3D のほうが 2D よりも平均値が高く、下方のほうが上方よりも平均値が高かった。2 要因の交互作用は有意ではなかった。

図 9 に示した「雪崩の恐怖感」については、次元の主効果は有意でなかったが、視点の主効果が有意であった（ $F(1, 47)=79.89, p<.01$ ）。下方のほうが上方よりも平均値が高かった。2 要因の交互作用は有意ではなかった。図 10 に示した「地震の恐怖感」については、次元と視点の主効果が有意であり（ $F(1, 47)=9.18, F(1, 47)=8.81, ps<.01$ ），交互作用も有意であった（ $F(1, 47)=8.17, p<.01$ ）。交互作用が有意であったので単純主効果検定（Bonferroni 法, $\alpha=.05$ ）を行つたところ、上方においては 3D のほうが 2D よりも平均値が有意に高かったが、下方においては 2D と 3D の間に有意差は認められなかつた。また、2D においては下方のほうが上方よりも平均値が有意に高かったが、3D においては上方と下方との間に有意差は認められなかつた。

図 11 に示した「雪崩の現実味」については、次元の主効果のみ有意であり（ $F(1, 47)=4.63, p<.01$ ），3D のほうが 2D よりも平均値が高かった。図 12 に示した「地震の現実味」については、次元の主効果（ $F(1, 47)=12.18, p<.01$ ）と交互作用（ $F(1, 47)=5.45, p<.05$ ）が有意であった。単純主効果検定の結果、上方においては 3D のほうが 2D よりも平均値が高かったが、下方においては、2D と 3D の間に有意差は認められなかつた。一方、次元ごとの分析では、いずれにおいても視点の違いによる有意差は認められなかつた。

図 13 に示した「雪崩の複雑性」については、次元と視点の主効果が有意であった（ $F(1,$

$46)=10.39, F(1, 46)=10.94, ps<.01$). 3D のほうが 2D よりも平均値が高く、下方のほうが上方よりも平均値が高かった。2 要因の交互作用は有意ではなかった。図 14 に示した「地震の複雑性」については、次元と視点の主効果が有意であった ($F(1, 46)=11.91, F(1, 46)=8.40, ps<.01$)。3D のほうが 2D よりも平均値が高く、上方のほうが下方よりも平均値が高かった。2 要因の交互作用は有意ではなかった。

以上より、可視化方法により人に与える影響の違いがあることがわかった。災害の種類によって影響力の表れ方の強さに多少の違いはあるものの、おおむね 3D のほうが 2D よりも臨場感、恐怖感、現実味、複雑性が高く評価され、下方のほうが上方よりも臨場感、恐怖感、現実味が高く評価されることが明らかとなった。また、今回抽出された 4 つの因子は、今後より効果的な可視化コンテンツを作成する上で、考慮すべき視点となるものと考えられる。

表 1：因子パターン行列（最尤法、プロマックス回転）

項目番号	質問項目	因子			
		F1	F2	F3	F4
item9	印象的な - 印象的でない	.891	.156	.066	-.046
item5	派手な - 地味な	.874	.067	.031	.028
item3	興奮した - 沈黙した	.809	-.067	-.036	.058
item8	個性的な - 平凡な	.730	.100	-.070	-.094
item7	迫力のある - 迫力のない	.718	-.167	.059	.024
item1	動的な - 静的な	.679	-.051	-.026	.090
item2	速い - 遅い	.620	-.019	-.121	-.027
item4	感情的な - 理性的な	.608	-.056	-.129	.018
item15	臨場感のある - 臨場感のない	.591	-.197	.186	.048
item18	激しい - 穏やかな	.536	-.384	-.045	.118
item12	面白い - つまらない	.476	.160	.179	-.327
item6	ゆるんだ - 緊張した	-.350	.348	.062	.179
item16	安全な - 危険な	.002	.782	-.076	.044
item17	怖い - 安心な	.099	-.703	.006	-.037
item19	わかりやすい - わかりにくい	-.101	.037	.913	.057
item20	はっきりした - ぼんやりした	.033	.041	.772	-.001
item14	現実的な - 非現実的な	-.008	-.160	.524	-.013
item13	人工的な - 自然な	.120	.067	-.475	.046
item11	表面的 - 深みのある	.116	.072	.005	.894
item10	単純な - 複雑な	-.071	.027	.014	.695
因子間相関		F2	F3	F4	
		F1		-.662	.540
		F2		-.336	.336
					-.449

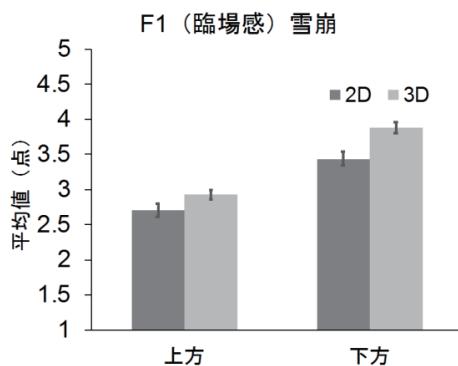


図 7：雪崩の臨場感

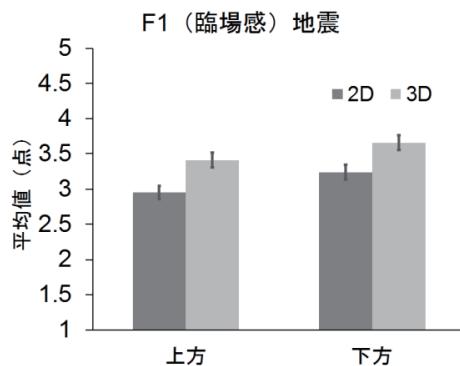


図 8：地震の臨場感

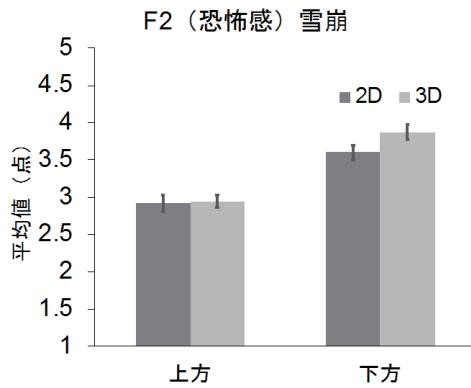


図 9：雪崩の恐怖感

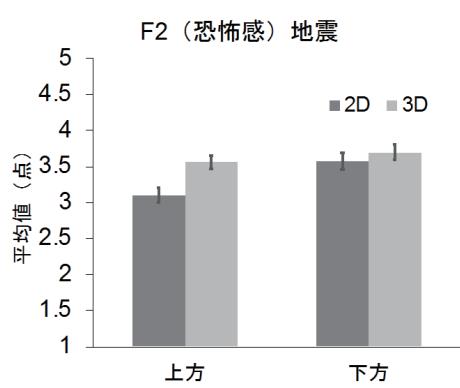


図 10：地震の臨場感

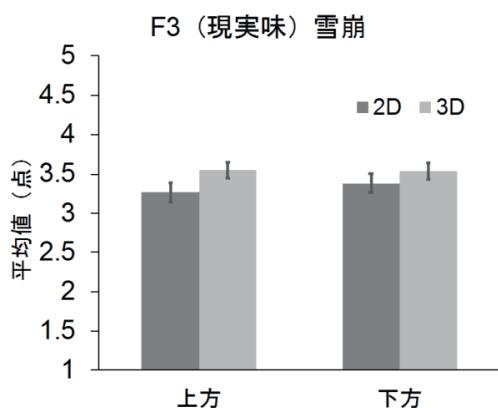


図 11：雪崩の現実味

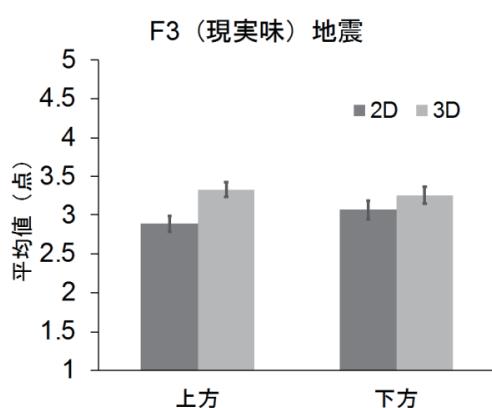


図 12：地震の現実味

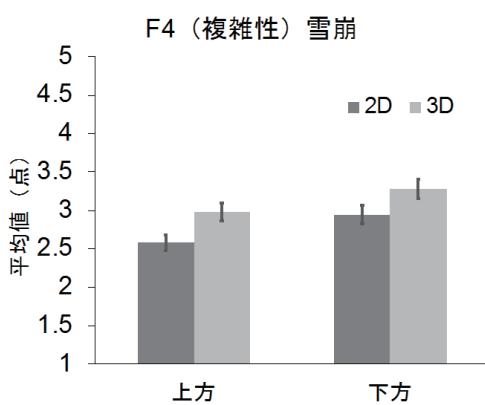


図 13：雪崩の複雑性

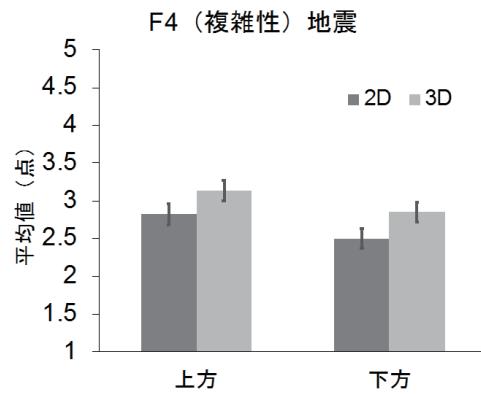


図 14：地震の複雑性

4. おわりに

本研究では、災害シミュレーション・認知心理学・映像のそれぞれの知見や技術を融合して、災害シミュレーションの可視化コンテンツを作成し、心理学で用いられている手法を用いて可視化の印象評定実験を行った。SD 法を用いた印象評定実験より、今回用いたコンテンツでは 4 つの因子（臨場感・恐怖感、現実味・複雑性）に分類することができた。また、3 次元可視化や視点のアングルにより災害シミュレーション結果の印象が変化することがわかった。

今後の課題として、防災教育に用いる場合、どのような因子の影響が大きいのか調べ、防災教育に役立つ可視化手法の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 山口裕矢, 高瀬慎介, 森口周二, 寺田賢二郎, 小田憲一, 上石勲：非ニュートン流体モデルを用いた雪崩の 3 次元非構造有限要素解析, *Transactions of JSCES*, Paper No.20170011, 2017
- 2) 清水裕士：フリーの統計分析ソフト HAD：機能の紹介と統計学習・教育、研究実践における利用方法の提案. 『メディア・情報・コミュニケーション研究』, 第 1 号, 59-73., 2016

謝辞：本研究は、平成 29 年度東北大学災害科学国際研究所リソースを活用した共同利用研究助成を受けたものです。ここに記して、感謝を表します。