

デザイン思考による豪雨警戒防災システムのデザイン開発

住宅地、学校などの豪雨災害（社会課題）の複雑な要因を

デザイン思考で分析、システム～情報発信まで総合的にデザイン

Design development of heavy rain warning and disaster prevention system by design thinking

Complex factors of heavy rain disasters (social issues) in residential areas, schools, etc.

Comprehensive design from analysis, system to information transmission by design thinking.

○森 豊史（東京都立産業技術研究センター）^{*1}

アルバレス・ハイメ（拓殖大学工学部デザイン学科）^{*2}

^{*1} Toyoshi MORI, Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute,
2-4-10, Aomi, Koto-ku, Tokyo, 135-0064, moritoyoshi@gmail.com

^{*2} Jaime Alvarez, Takushoku University, School of Engineering, Department of Design,
815-1 Tatemachi, Hachioji-shi, Tokyo, Zip 193-0985, a-jaime@id.takushoku-u.ac.jp

キーワード: デザイン思考, 防災, デザインケーススタディ

1. 緒言

近年、豪雨災害が多発しており、住宅地などの生活空間に被害が拡大している。本来は、治水事業がもっとも有効な対策であるが、膨大な時間と費用が必要である。しかし、災害は現在も増加しており、直近の災害に対応する方法や製品を早急に開発する必要に迫られている。すでに行政側も防災製品への開発助成金なども増加しており、多くの企業が参入を計画している。

しかし、防災製品に求められる仕様策定においては、行政側も企業側も、情報もノウハウも経験が不足しており、エンドユーザー（生活者、被災者）にとって必要なサービスや機能を特定することが困難な状況である。このような課題に対して、一部の行政では「デザイン思考」を導入、情報発信の最適化や避難の迅速化に向けた行動設計の検討などへの活用が始まっている。

東京都立産業技術研究センターデザイン担当の森は、多くの企業にデザイン経営・デザイン思考の実装を進めてきた。また、少人数・短時間で実行可能な、最小限のデザイン思考ワークショップ手法「ミニマムシンキング」をケーススタディ開発、企業での事業化実績が増えている。

昨今、防災製品の開発に参入を希望する企業も増加しており、その1社であるフィード工業からの要望に応じて、デザイン思考「ミニマムシンキング」ワークショップを導入、豪雨災害対策製品の構想設計～プロトタイプ開発を共同研究にて行なった事例をここに報告する。

2. 研究の概要

本開発では、早期の治水事業が期待できない住宅地や学校、公共施設などを対象として、都市水害の早期検出・増水予測から、クラウドによる情報解析、生活者への情報発信までをワンパッケージにてシステム設計。長期間の真正実験から改良を重ね製品版のデザインを開発した。

2.1. 基礎調査

近年の大規模な水害の気象記録や現地の地形特性について調査を行い、住宅地における時系列モデルを作成。

2.2. デザイン思考ワークショップ

都民を対象に、水害の時系列モデルを用いてデザイン思考ワークショップを実施。行動シナリオを作成。

2.3. 定量化：単語マイニングから設計条件を抽出

ワークショップ時に得られた発話データ、記述マッピング等から単語を抽出。行動シナリオから設計条件を抽出。

2.4. 設計条件から、豪雨警戒システムを構想設計

住宅地水害（内水氾濫）の増水モデル検討から、雨水排水路に適した計測センサー、災害情報発信モデルを設計。

2.5. MRモデルによるデザイン検証

都民の意見から、センサーと情報発信装置を一体化した5Gスマートポールの3Dモデル作成。MRで現地検証。

2.6. プロトタイプによる実証実験

実際に稼働するプロトタイプを制作。拓殖大学キャンパスにて1年半の長期実証実験を実施。気象データを収集。

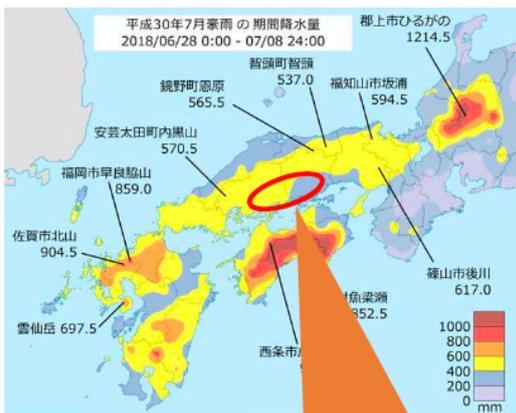
2.7. 製品化に向けたデザイン改良

実証実験でのトラブル発生→改良の経験をもとに、製品版プロダクトデザインとしてブラッシュアップ。

3. ①基礎調査

近年多発している豪雨災害について気象面、被災状況などの基礎調査を実施。広島県の被災地は現地調査を行い、住宅地における被災の時系列モデルを作成した。

平成30年7月豪雨災害 広島県、岡山県に甚大な被害



最大の人的被害を受けた地域は、最大の降水量ではない

Fig.1 Precipitation analysis of heavy rains in western Japan.

府県	総降雨量
1 高知県安芸郡馬路村魚梁瀬	1,852.5 mm
2 徳島県那賀町木頭	1,365.5 mm
3 岐阜県郡上市ひるがの	1,214.5 mm
4 長野県王滝村御嶽山	1,111.5 mm
—	—
広島県山県郡安芸太田町内黒山	570.5 mm
岡山県苫田郡鏡野町恩原	565.5 mm

都道府県	死者・行方不明者数
1 広島県	114人
2 岡山県	64人
3 愛媛県	27人

都道府県	住宅被害 (全半壊・浸水家屋)
1 広島県	およそ38,000棟以上
2 岡山県	およそ14,000棟以上

※気象庁 平成30年7月13日 報道発表より抜粋

Fig.2 Precipitation and number of victims.

なぜ被害は拡大したのか？

- ・ 災害発生前に広い範囲に避難警報が流れた
- ・ 多くの住民が警告を無視
- ・ 意識的に避難しなかったため、人的被害が拡大

水害の原因は、予想を大きく超える豪雨と堤防の決壊しかし、避難が適切に行われていれば、人的被害は軽減できた

Fig.3 Analysis of the cause of damage expansion.

【顕在化した避難課題】正常性バイアス



Fig.4 Example of normalcy bias.

4. ②デザイン思考ワークショップ

東京都にて開発した企業向けのコンパクトな時短デザイン思考プロセス「ミニマムシンキング」を用いて、都民の参加により防災の行動シナリオを作成。ミニマムシンキングでは、事前に時系列モデルを用意し、実際に起こった災害を追体験しながら、被災時の行動についてリアルに検討を行い、行動マッピング、行動シナリオを作成する。



事前に用意されたフレームを使用し、高効率化独自の中小企業向けワークショップマニュアルを活用

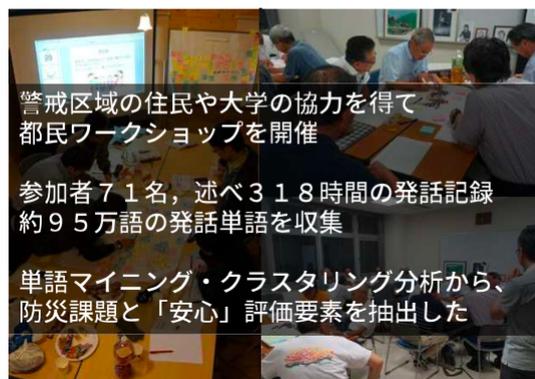


Fig.5 Design thinking workshop.

5. ③定量化：単語マイニングから設計条件を抽出

都民を対象としたデザイン思考ワークショップを実施。その実施中の参加者の発話音声記録から単語の頻出度を定量化。出現頻度の高いキーワードとワークショップにて作成された行動マッピングの行動シナリオを整合した。

抽出された行動シナリオは、再度参加者にアンケートを行い、重要度を確認した。

住宅地の防災課題

災害のポイント：住宅地では伏流水による被害が深刻

- ・伏流水による増水、道路冠水は頻繁に起こっている
- ・最初に増水被害が発生するのは、**低地**
- ・**雨水が溢れ出す場所はいつも同じ雨水枡や、急角度の排水接合部**
- ・地形の最も低い位置に道路があることが多く、**冠水**で事故渋滞になる
- ・昭和の道路工事により、地形の排水が変わった
- ・**冠水箇所を早めに知る**ことができれば対処行動もできる
- ・土石流は怖い、居住してから数十年起きてなく、想像がつかない(土石流対策は、伏流水災害とは別の問題)

学校施設の防災課題

災害のポイント：**避難経路**の流水問題、危険区域の表示問題

- ・学内の高低差と雨水の排水問題(調査、対策が必要)
- ・**避難路にはユニバーサルデザイン**を活用すべき
- ・集団の**体温低下**を効率的に防ぐ
- ・**避難経路と食料の確保**

危険な箇所をどのように特定するのか？

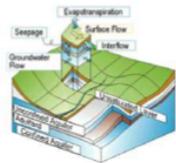
- ・危険な箇所(雨水枡、排水路、道路)を特定する必要がある
- ・全国67万か所の町内会レベルの実施**コストに対応できるか？**

Fig.6 Extracted disaster prevention issues.

こうして整理された行動シナリオからは住宅地に潜在する「伏流水」問題が明らかになった。また、雨水のオーバーフローに関する関心が高いことから、雨水排水路を警戒対象と定めた。

最大の問題は「伏流水」

伏流水の集中場所をドローン+3Dシミュレータで調査



1：小型ドローンにより撮影した航空写真から3D地形データ作成



2：集水サーフェス分析から冠水箇所推定



3：付近住民の方よりヒアリングし、推定箇所との一致を確認

【仮説】

伏流水の溢れるポイント近くの「雨水ます」を監視することで警戒が可能ではないだろうか



- ☆早期警戒に適している
- ☆私有地の権利問題も発生しない

Fig.7 3D simulation and hypothesis design for underground water disasters.

6. ④設計条件から、豪雨警戒システムを構想設計

このフェーズでは、設計条件の具体化を行なった。また、得られた設計条件について、詳細な現地調査との照らし合わせ・住民評価を行うことでその精度を高めている。

公共のデザインとして、都民の要望も丁寧にヒアリングを行い、潜在要望を反映させた。

防災センサーの基本デザイン

- ①ドローン調査により設置場所を決定
- ②雨水枡の水流量・水位をモニタリング
- ③基本構成：センサー + 通信部 + 警告灯

平常時も重視したデザイン

- ①通常は照明器具のように町に馴染む
- ②小学校や幼稚園などにも適したデザイン
- ③頑丈なポール(180φ)、2m以上の高さ

UX・コミュニケーションデザイン

- ①光の色・点滅、警告音をデザイン
- ②避難誘導のUXデザイン、情報表示
- ③安全になった状態こそ積極的に表示

ワークショップより:公共のデザインへの要望

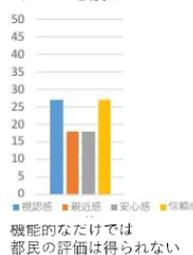
- ①小学校や幼稚園にも喜ばれるデザインにしてほしい
- ②観光地(滝山城址、高尾山)にも馴染むように
- ③住宅地を元気にするデザイン希望!

Fig.8 Conditions for concept design.

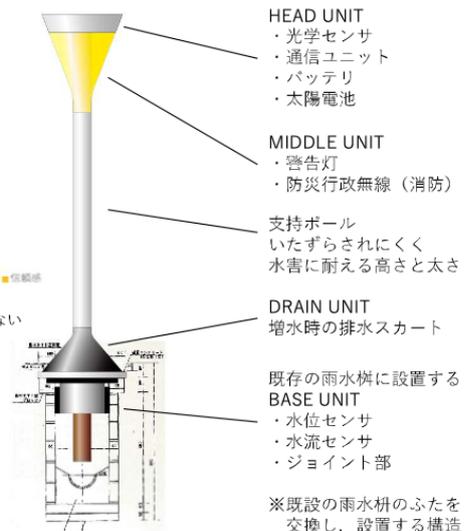
設計条件(言葉)をもとに構想設計(形状)に移行

- ・都民要望に基づいた5Gスマートポール化
- ・検出地点の情報を、現地で即時に表示可能
- ・住宅地に無理なく設置可能な寸法と形状

ワークショップから4項目の感性評価スケールを設定



機能的なだけでは都民の評価は得られない



都民の要望に応えるため、形状を改良

ワークショップの感性評価基準に基づいて再設計した

Fig.9 Concept design.

7. ⑤MR モデルによるデザイン検証

3D-CAD モデルを MR (複合現実) 装置により、原寸大で仮想検証。大型のモデルのため、実際に製作する前に、仮想モデルにて視認性、形状などを検証した。室内での検証のほか、住宅地での検証も実施し、アンケートにより最適な形状、グラフィックスを検討した。



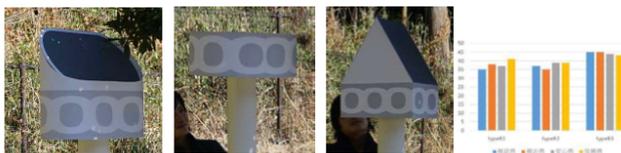
仮想モデルによる
MRデザイン検証

Fig.10 Design simulation using mixed reality.



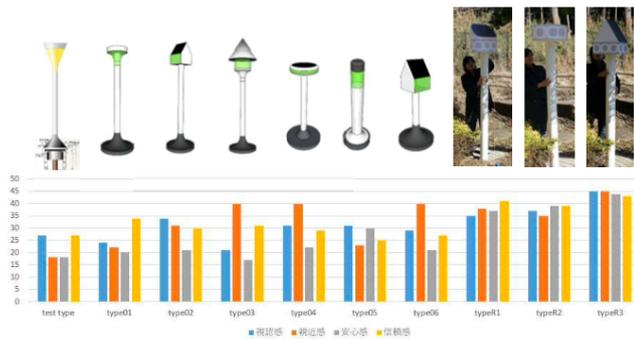
バーチャルモデルでの検証では、印象が「固い」「目を引かない」「閉鎖的」との意見も見られた

Fig.11 Design verification by virtual model.



表示部(ぼんぼり)に「目玉」グラフィック要素を追加したプロトタイプでは、印象評価が改善した

Fig.12 Design verification by mockup.



基本構想設計→バーチャルモデル→原寸モデルと、検証と改善を進行した

Fig.13 Design verification summary (excerpt version).

8. ⑥プロトタイプによる実証実験

実際に稼働するプロトタイプを作成。拓殖大学八王子キャンパス内に実際に存在する土砂災害警戒区域の雨水排水路にて、長期間の実証実験を実施した。

【期間】令和元年5月～現在

2年以上の期間、気象と水位変動のデータを収集。



Fig.14 Prototype configuration.

【実証実験】

1年以上にわたる長期検証により、性能を検証

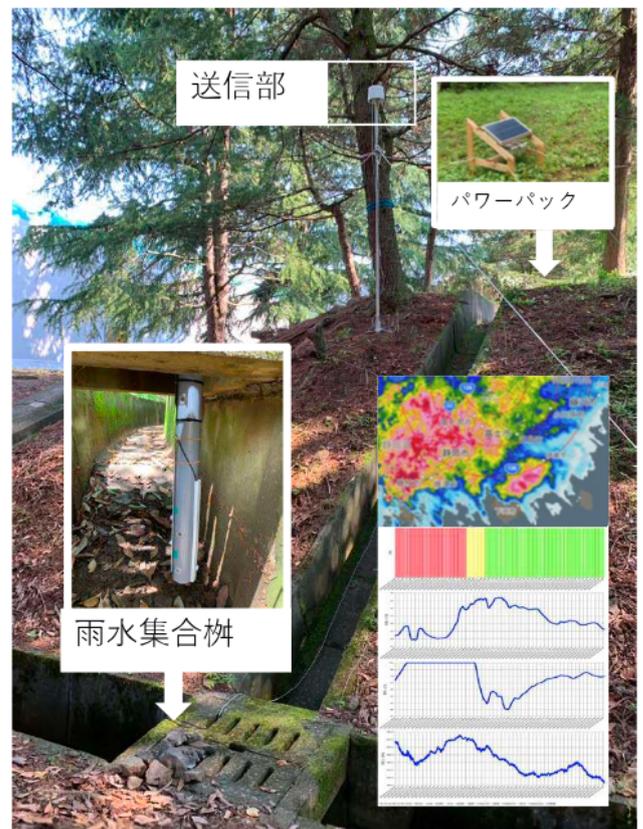


Fig.15 Prototype installation.

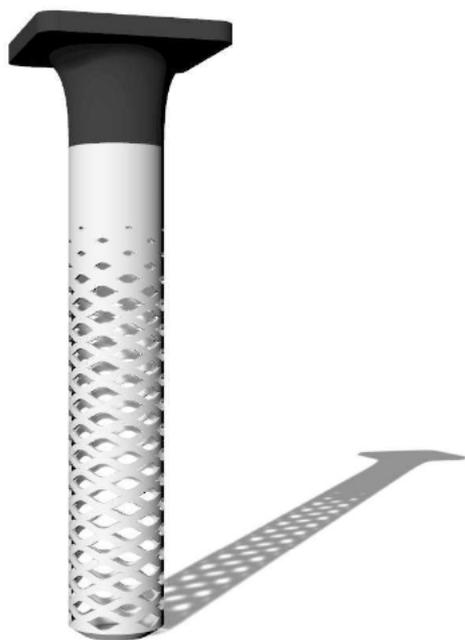
9. ⑦製品化に向けたデザイン改良

2年の長期間にわたる実証実験では、厳しい自然環境下での耐候性能、虫の侵入防止、積雪対策、ソーラーパネル+バッテリーの保全など様々なトラブルが発生した。そのトラブルに対して、ひとつひとつ対策を重ねることで、プロダクトデザインの完成度を向上させている。



アンテナカバーAM試作

Fig.16 Design model: 5G antenna + CPU unit



センサーカバーCADモデル（※展示会用）

Fig.17 Design model: Water level detection sensor (cover)



ジョイントカバーAM試作

Fig.18 Design model: Water level detection sensor (joint)

10. まとめ

防災製品、特に公共性の高い気象情報・豪雨情報などをピンポイントに収集するセンサー装置を開発するにあたり、デザイン思考を活用し、都民の要望に応える、民主的なデザイン開発のケーススタディを行なった報告である。

仕様書等が何も無い状態からのスタートであり、現実の災害をもとに、多くの都民の参加によるデザイン思考ワークショップで、必要な仕様をまとめて行った。この過程では、開発のスタート時には予想もしていなかった課題の発見（伏流水問題、避難できない事情など）と潜在ニーズ（センサー設置場所でのリアルタイム情報発信、5Gスマートポール化、安全になった状況の迅速な情報発信など）を発見することができた。

最終形状についても、都民から求められるカタチ、であるだけでなく、実証実験を通じて検証された機能の実装や、自然環境への対応など、複雑かつ膨大な量のフィードバックを反映したプロダクトデザインとすることができた。

現在、本研究は事業化フェーズに移行しており、国の機関によるリアル環境での実証実験、大企業による製品化に向けた動きなどが進展している。

以上