

健康セルフモニタリング機能を備えた在宅避難及び介護用ウェルネス・コンポストトイレの開発

Development of wellness composting toilet for home evacuation and nursing care with health self-monitoring function

日本工業大学 教授 樋口佳樹

(研究計画ないし研究手法の概略)

1. 研究の背景と概要

本研究では、在宅災害時及び在宅介護での利用を想定した健康セルフモニタリングによるウェルネス・コンポストトイレを提案した(図1)。これにより、災害時には睡眠障害や心身の状態を把握することができ、避難生活時の健康の二次被害の防止につながり、介護現場でのポータブルトイレとして活用することで、介護者の業務をサポートでき、要介護者の健康状態を管理することができる。本研究は2つのテーマに分けられ、糞便性状(プリストルスケールや色)に着目した糞便性状を自動で判別するアルゴリズムの開発と、便を診断する機構(診察台と称する)の開発を目的とした。

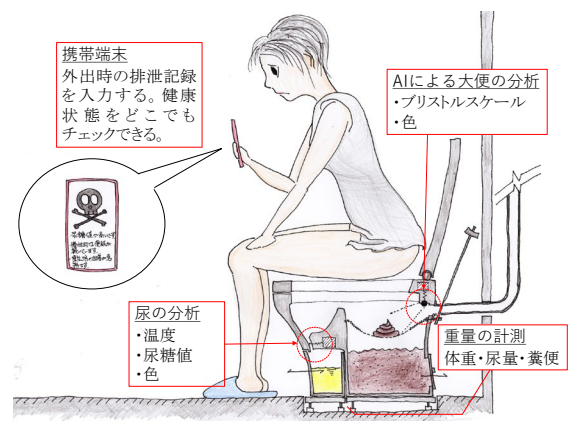


図1. ウェルネス・コンポストトイレの全体像

2. 糞便性状を自動で判別するアルゴリズムの開発

2.1 糞便画像の収集

機械学習はGoogle Cloud PlatformのCloud AutoML Vision(以下AutoMLとする)を用いた。AutoMLは、事前に用意した学習データにラベルを付けるだけで画像認識モデルを作成することができる。水洗トイレとコンポストトイレでは糞便性状が異なるため、別々に学習することとした。学習データの収集概要を表1に示す。収集した糞便には硬便・普通便・軟便のいずれかのラベルを付けた。

表1. 学習データの収集概要

	水洗トイレ	コンポストトイレ
場所	自宅等	日本工業大学 コンポ [®] ストイレ実験棟
期間	6月1日~12月2日	6月15日~12月4日
カメラ	スマートフォン	タブレット端末
人数	4人	5人
方法	<ul style="list-style-type: none">・トイレトペーパーを入れる前に撮影・便が水に溶ける前に撮影する・フラッシュをたく	<ul style="list-style-type: none">・排泄をする前に添加材を投下する・トイレトペーパーはごみ箱に捨てる・フラッシュをたく

水洗トイレ用の学習データは、硬便103枚、普通便335枚、軟便230枚となり、合計668枚収集することができた(図2)。コンポストトイレは大学内に一基しかなく、収集できる時間と場所が限られているため、硬便については疑似便を作成して学習データの不足を補った。疑似便を加えた結果、コンポストトイレ用の学習データは、本物の糞便と合わせて硬便48

枚、普通便 171 枚、軟便 134 枚となり、合計 353 枚を収集することができた（図 2）。

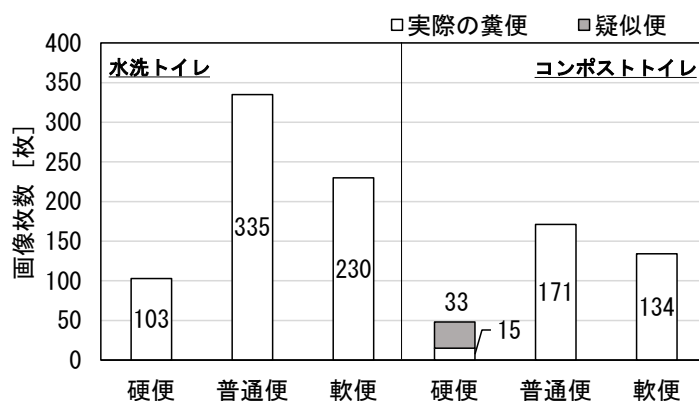


図 2. 学習データの内訳

2.2 精度検証結果

水洗トイレにおける結果を表 2 に示す。硬便、普通便、軟便の再現率は、それぞれ 91%、76%、87% となった。正解率は 82% となった。不正解した画像を分析すると、ほとんどがブリストルスケール間の境目が曖昧な画像であり、明らかに間違えているものは 1 枚のみであった（表 4）。したがって、十分な精度であると判断でき、一定の割合で曖昧な画像が含まれることを鑑みると、これ以上精度を上げることは難しいと考えられる。

コンポストトイレにおける結果を表 3 に示す。硬便、普通便、軟便の再現率は、それぞれ 60%、94%、85% となった。正解率は 85% となった。硬便の再現率が低い結果となった。

表 2. 水洗トイレにおける精度検証の結果

		真の結果			合計	適合率
		硬便	普通便	軟便		
予測	硬便	10	4	0	14	0.71
	普通便	1	26	3	30	0.87
	軟便	0	4	20	24	0.83
合計		11	34	23	68	↓正解率
再現率		0.91	0.76	0.87		0.82

表 3. コンポストトイレにおける精度検証の結果

		真の結果			合計	適合率
		硬便	普通便	軟便		
予測	硬便	3	0	0	3	1.00
	普通便	2	15	2	19	0.79
	軟便	0	1	11	12	0.92
合計		5	16	13	34	↓正解率
再現率		0.60	0.94	0.85		0.85

表 4. 精度検証で不正解だった画像の例

水洗トイレ：普通便を硬便と判断		コンポストトイレ：硬便を普通便と判断	
			
便同士の境界線をしわと認識し、大きな硬便と判断したか。	わずかにしわがあり、コロコロの便があるため硬便と判断したか。	影により表面の凹凸が見えにくかったか。	画像がぼやけているため、正確な判断ができなかったか。
明らかな不正解	境目が曖昧	境目が曖昧	明らかな不正解

不正解した硬便を見ると、全て本物の糞便であった。硬便は本物の糞便の画像が3枚しかなく、その内2枚がテストに使われていた(表4)。すなわち、硬便は学習データのほとんどが疑似便であったため、本物の硬便の特徴を抽出しきれなかったと考えられる。

3. 診察台の製作

3.1 検証概要

コンポストトイレで糞便を撮影するために診察台を製作した。レバー式診察台と水平スライド式診察台(図3)をコンポストトイレに取り付け、アンケートによって診察台の性能を評価した(表5)。

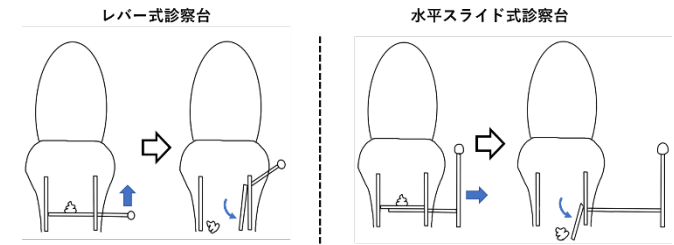


図3. レバー式診察台と水平スライド式診察台の操作イメージ

表5. 診察台の性能検証実験の概要

対象トイレ	コンポストトイレ
場所	日本工業大学 コンポストトイレ実験棟
実施期間	9月8日～11月30日
被験者数	5人
排泄回数	100回
診察台	レバー式、水平スライド式(図3)
添加材	おが屑、おが粉、おが屑+おが粉30%、鮑屑+おが粉30%
検証項目	排泄時に以下の項目についてアンケートを取り、回答を基に評価する ・糞便の付着・診察台の操作性・診察台の不快感 ・便蓋を開けた時のにおい・糞便臭

3.2 性能検証結果

糞便の付着率はレバー式が29.2%、水平スライド式が8.6%となった(図4)。カイ二乗検定を行い、P値が5%以内の場合に有意差があると判断できるが、この場合は0.017であったため、水平スライド式にしたことで糞便の付着率が低下したと判断できる。

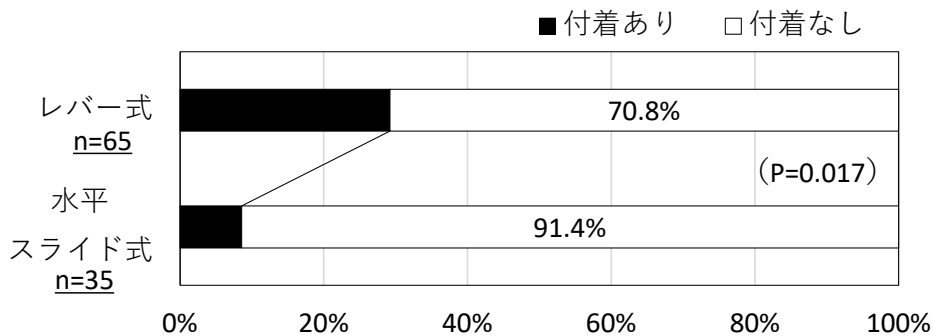


図4. 診察台別の付着率の違い ()内はカイ二乗検定によるP値

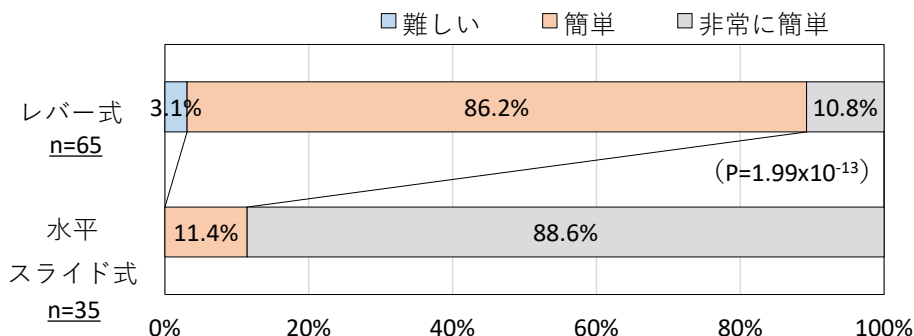


図5. 診察台別の操作性の違い ()内はカイ二乗検定によるP値

診察台の操作性は、レバー式では「非常に簡単」が 10.8%であったが、水平スライド式では 88.6%であった（図 5）。P 値は 1.99×10^{-13} であったため、水平スライド式の方が操作性が高いことが分かった。

（実験調査によって得られた新しい知見）

水洗トイレとコンポストトイレの両方で、ブリストルスケールの判別精度は高く、実用的な数値であると判断できる。しかし、コンポストトイレにおける硬便に対する学習データの収集が少なかったため、疑似便で補充していた。したがって、硬便に対しては、精度が不確実であることが否定できないため、さらに学習データを補充する必要がある。

糞便を分析するための診察台については、水平スライド式を考案し、付着率、操作性が向上したものを製作することができた。今後の課題としては、診察台の気密性を高め、処理槽からのにおいを遮断する効果を備えることにより、より実用性が高まると考えている。

今後は試作品に小型カメラを搭載し、排泄時の糞便をリアルタイムで撮影し、速やかに分析するアプリケーションの開発を進める予定である。

（発表論文）

2024年度もしくは2025年度に発表する予定である。