

B-05

薬局在庫可視化システム導入促進に向けた 在庫可視化シミュレーションシステムの提案

Proposal of Inventory Visualization Simulation System for Promoting the Implementation of Pharmacy Inventory Visualization Systems

清水 千寿†
Senju Shimizu

井口 信和‡§
Nobukazu Iguchi

1. 序論

近年、日本では医薬品不足が医療現場における実務上の大きな障壁となっている。厚生労働省の報告によれば、医療用医薬品の一部が限定出荷または供給停止の状態にあり、特に後発医薬品において供給不安が顕著であるとされている[1]。この結果、患者が処方箋を持って薬局を訪れても必要な薬を受け取れない事例が発生し、医薬品を求めて複数の薬局を訪問せざるを得ない状況が増加している。これは患者にとって大きな身体的・時間的負担となるだけでなく、医薬品アクセスの不確実性を高める要因となっている。

このような課題に対し、薬局の在庫情報を患者が事前に確認できるシステムの導入が有効であると考えられる。このシステムによって、患者は自身の処方箋を満たす在庫を持つ薬局を特定し、そこへ直接向かうことが可能になる。結果として、在庫切れの薬局への不要な訪問が排除され、医薬品を求めて複数の薬局を巡る身体的・時間的負担が大幅に軽減されると期待できる。しかし、競合関係にある薬局間の情報共有や個人情報保護といった課題から、実社会への即時実装は進んでいない。そこで、在庫可視化システムがもたらす便益を定量的に示すことが、システム導入の合意形成を促進する上で重要となる。

本研究の目的は、薬局在庫可視化システムの導入が患者の医薬品アクセス性に与える影響を定量的に評価することである。そのために、在庫情報を事前に確認できる「在庫可視化モード」と、従来通り情報がない「在庫不可視化モード」の両シナリオを比較可能なシミュレーションシステムを開発した。本稿では、本システムの概要と、医薬品不足を想定した状況下での比較実験を通じて得られた知見について報告する。

2. 関連研究

薬局の在庫管理や情報共有に関する研究はいくつか存在する。

田中らは、複数店舗を持つ薬局間の在庫管理支援システムを開発している[2]。また、清水らは域薬局の在庫情報データベースの構築を試みている[3]。これらの研究は、主に薬剤師向けのシステムとして薬局側の業務効率化を目指すものである。これに対し、本研究は一般患者の医薬品アクセス性向上を直接の目的とし、その導入効果をシミュレーションによって定量的に評価する点に新規性があると考えられる。

3. 提案システム

3.1 システム概要

本章では、開発したシミュレーションシステムの全体像について、システムの処理フローと、それを実現するための主な実装技術に分けて説明する。

3.1.1 システムの処理フロー

図1は、本システムの主要な構成要素と、それらの間でデータがやり取りされる処理フローを示したシステム構成図である。図に示されるフローはユーザーの操作から始まり、システム内部での処理を経て、最終的な結果がユーザーに提示されるまでの一連の流れで構成される。

まず、ユーザーはUI上でシミュレーションのパラメータを設定し、実行を指示する(図1-a)。この指示を受け、シミュレーションエンジンは地理空間データ処理モジュールに対して経路計算をリクエストし(図1-b)、その結果として現実の道路網に基づいた経路データを受け取る(図1-c)。エンジンは、この経路データを用いて患者エージェントの状態をステップごとに更新し、その都度シミュレーション結果をデ

†近畿大学情報学部情報学科, Department of Informatics, Faculty of Informatics, Kindai University

‡近畿大学情報学部, Faculty of Informatics, Kindai University

§近畿大学情報学研究所, Cyber Informatics Research Institute, Kindai University

ータ可視化モジュールへと渡す(図 1-d)．データ可視化モジュールで処理された地図やグラフなどの視覚情報は、最終的に UI の表示としてユーザーに提示される(図 1-e)．これにより、ユーザーはシミュレーションの進行状況をリアルタイムで把握できる．

3.1.2 主な実装技術

上記の処理フローは、Python 言語を基盤とし、そのエコシステムに含まれる複数のオープンソースライブラリを連携させることで実現されている．

本システムのユーザーインターフェースは、データサイエンス分野で広く用いられる Web フレームワークの Streamlit で構築した．これにより、パラメータ設定から結果表示までを単一の Web ページでインタラクティブに操作できる環境を提供している．

シミュレーションの根幹である現実的な経路計算は、OSMnx と NetworkX という 2 つのライブラリが担っている．まず OSMnx が実世界の地図プロジェクト OpenStreetMap から道路網データを取得し、そのデータを基に NetworkX がグラフ理論アルゴリズムを用いて最短経路を算出する．

そして、シミュレーション結果の可視化は、3 つの主要な要素で構成される．患者の動的な動きを追うためのインタラクティブな地図(図 3)は、Web 地図描画に特化した Folium で生成している．シミュレーションの全体状況を一覧表示する統計情報パネル(図 4)は、Web フレームワークである Streamlit の標準 UI コンポーネントを用いて構築した．統計的な分析に用いる時系列グラフ(図 5)は、学術分野で標準的な描画ツールである Matplotlib で作成した．

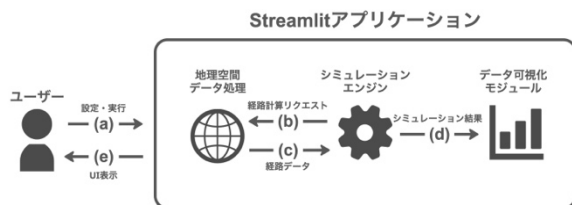


図 1: システム構成図

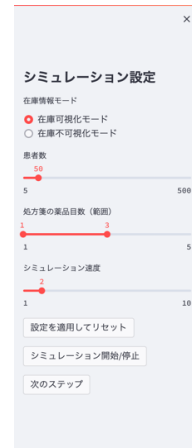


図 2: シミュレーション設定画面

シミュレーションマップ

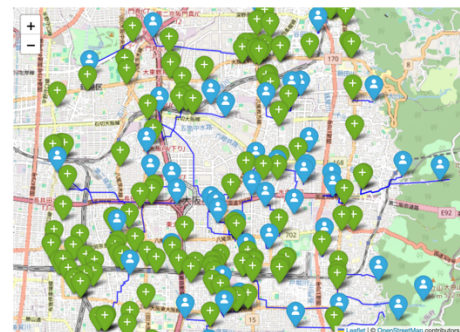


図 3: シミュレーションマップ画面

薬局在庫可視化シミュレーション

シミュレーション統計情報



図 4: シミュレーション統計情報画面

シミュレーション統計グラフ

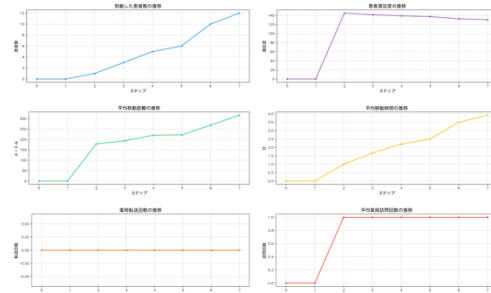


図 5: シミュレーション統計グラフ画面

3.2 患者行動モデル

本システムの核心は、在庫情報の有無が患者の行動に与える影響を比較分析する点にあり、そのために2種類の患者行動モデルを実装した。

一つ目の在庫可視化モードでは、患者は薬局を訪問する前に、自身の処方箋に必要な全ての医薬品在庫を持つ薬局をシステム上で把握できる。その情報に基づき、現在地から最も移動距離が短い薬局を目的地として選択する。これにより、在庫切れの薬局へ向かう無駄な訪問を避け、最短経路で医薬品を入手する合理的な行動を再現する。

二つ目の在庫不可視化モードは、患者が在庫情報を一切持たない現状を再現する。このモードの患者は、まず直線距離で現在地から最も地理的に近い薬局を探索候補として1軒に絞り込む。その上で、候補薬局への道路網に基づいた最短経路を算出して目的地とする。訪問した薬局で在庫が不足していた場合は、その地点から再び同様のプロセスで次の最寄り薬局へと向かう「転送」が発生する。これは、患者が処方された医薬品を入手するために、複数の薬局を訪問せざるを得ない状況をモデル化したものである。

4. 評価実験

4.1 実験設定

表 1: 主な実験設定

項目	設定値
対象地域	東大阪市
薬局総数	145 軒
患者総数	50 人
薬局初期在庫	1～5 個（ランダム）
評価指標	完了率、諦めた患者数、転送回数、平均薬局訪問回数、平均移動距離

提案システムの有効性を検証するため、医薬品が不足している状況を想定した比較実験を行った。在庫可視化モードと不可視化モードで、患者の行動指標がどのように変化するかを評価した。主な実験設定を表1に示す。薬局の初期在庫は、医薬品の逼迫状況を再現するため、意図的に少なく設定した。なお、本稿における「完了率」とは、シミュレーション対象

の全患者のうち、処方された医薬品を全て入手できた患者の割合と定義する。また「患者満足度」は、満点を 100 とし、移動にかかった時間（ステップ数）と薬局の訪問回数に応じて減点する方式で算出している。

4.2 実験結果

上記設定でシミュレーションを実行した結果を表 2 および図 6、図 7 に示す。

表 2: シミュレーション結果比較

評価指数	在庫可視化モード (191 ステップで完了)	在庫不可視化モード (500 ステップで打切)
完了率	100.0%	92.0%
諦めた患者数	0 人	0 人
転送回数	16 回	477 回
平均薬局訪問回数	1.32 回	7.41 回
平均移動距離	1558.5 m	645.8 m

実験結果から、各モードで患者の行動指標に明確な差が観測された。在庫可視化モードでは、全患者が医薬品を入手し完了率 100.0%を達成した。一方、在庫不可視化モードは、シミュレーションを 500 ステップで打ち切った時点での完了率が 92.0%に留まった。

患者の探索行動を示す指標において、その差はより顕著であった。不可視化モードにおける転送回数は 477 回、平均薬局訪問回数は 7.41 回に達し、それぞれ可視化モードの約 30 倍、約 5.6 倍の数値となった。

一方、平均移動距離は可視化モードが 1558.5 m であったのに対し、不可視化モードでは 645.8 m と短い結果となった。



図 6：在庫可視化モードの実行結果



図 7：在庫不可視化モードの実行結果
(500 ステップで打ち切り)

5. 考察

本実験結果は、在庫情報の可視性が患者の探索行動とそれに伴うコストに与える影響を明確に示している。

まず、不可視化モードで観測された転送回数 477 回、平均薬局訪問回数 7.41 回という結果は、在庫情報が存在しない状況下での探索行動の非効率性を定量的に示している。この非効率性は、本研究で定義した患者満足度にも顕著に表れており、可視化モードの 56.6/100 に対し、不可視化モードではわずか 1.1/100 まで低下した (図 6, 7)。これは、患者が自身の処方箋を満たす在庫の有無を確認できないまま、逐次的に近隣の薬局を訪問する探索戦略を取らざるを得ないためである。この移動回数や時間といった探索コストは、在庫可視化によって不要な訪問が排除されることで、大幅に削減された。

次に、不可視化モードの平均移動距離が 645.8 m と、可視化モードの 1558.5 m より短くなった点について考察する。この一見逆説的な結果は、両モードの探索範囲の違いに起因す

る。可視化モードでは、在庫を持つ薬局が遠方にあれば、その目的地へ直接向かうため移動距離が長くなる傾向がある。一方、不可視化モードの探索は近傍の薬局に限定されるため、探索に成功した一部の患者の平均移動距離は短くなる。完了率が 100% に達していないことや、著しく多い訪問回数を考慮すると、この「短い平均移動距離」という単一指標は探索の効率性を示すものではなく、むしろ局所的な探索の末の見かけ上の結果と解釈するのが妥当であると考える。

以上の分析から、在庫可視化システムは単なる利用者の利便性向上に留まらず、医薬品不足時における探索コストを著しく低減させ、医薬品アクセシビリティを保証する基盤技術としての役割を担うことが期待できる。

6. 結論

本研究では、薬局在庫可視化の効果を定量的に評価するシミュレーションシステムを開発した。医薬品が不足した状況を想定した実験により、在庫の可視化が、患者の不要な移動や訪問回数を削減し、医薬品を入手するまでの探索コストと不確実性を大幅に低減させることを明らかにした。

今後の課題として、本研究の結論の一般性と信頼性を高めるために、より網羅的な評価を行うことが挙げられる。今回の実験は特定の条件下での一試行に過ぎないため、第一に、患者数や初期在庫量といったパラメータを変更した複数シナリオでの検証や、乱数シードを変えた繰り返し試行による統計的頑健性の証明が必要である。第二に、分析手法そのものも深化させなければならない。本稿では平均値を中心に全体傾向を捉えたが、今後は標準偏差を用いて患者間の体験のばらつきを評価し、また中央値を用いて外れ値に影響されない典型的な患者像を分析することで、結論の信頼性を一層高めることができる。

本研究が、実システム導入に向けた議論の一助となることを期待する。

参考文献

- [1] 厚生労働省：医療用医薬品の供給状況，入手先
<<https://www.mhlw.go.jp/content/10807000/001383952.pdf>> (参照 2025-05-20)。
- [2] 田中 直哉，田中 秀和，佐藤 均：複数店舗を有する地

域展開型薬局間のレセコン情報共有化を目的とした在庫管理支援システムの開発と評価, 医療情報学, Vol. 25, No. 2, pp. 107-116 (2005).

[3] 清水 栄, 内潟 将宏, 成橋 和正, 鈴木 永雄, 島田 和枝, 兼田 春生: 地域薬局在庫情報データベースおよび薬局在庫管理システムの構築, 医療情報学, Vol. 20, No. 3, pp. 237-241 (2000).