

総合 研究報告書

ICT と AI を活用した患者の病院間搬送支援システムの構築研究

研究代表者：中田 孝明 国立大学法人千葉大学・大学院医学研究院・教授

研究分担者	大島 拓	国立大学法人千葉大学・国際高等研究基幹・准教授
	島田忠長	国立大学法人千葉大学・大学院医学研究院・講師
	服部憲幸	国立大学法人千葉大学・大学院医学研究院・講師
	大網毅彦	国立大学法人千葉大学・大学院医学研究院・講師
	砂原 聡	国立大学法人千葉大学・大学院医学研究院・助教
	東 晶子	国立大学法人千葉大学・大学院医学研究院・助教
	川上英良	国立大学法人千葉大学・大学院医学研究院・教授
	竹内公一	国立大学法人千葉大学・医学部附属病院・特任准教授
	織田成人	千葉市立海浜病院・救急科・副院長
	西田 修	学校法人藤田学園藤田医科大学・医学部・教授
	山尾恭生	株式会社 Smart 119・研究開発部・取締役

研究要旨

(背景) 重症患者の診療においては、その病態や必要な治療内容から、迅速に他の医療機関へ搬送する必要がある場合がある。そのような転院搬送にあたっては、搬送元医療機関の医師が、必要な情報を集約し、治療に必要な医療提供体制を判断した上で、搬送先となりうる医療機関を選定し、空床状況等を個別に電話で確認しながら収容の可否を確認するなど医師の大きな負担となっており、より効率的な転院搬送の仕組みを構築し、重症患者を遅滞なく高次医療機関等へ転院搬送させる必要がある。

(目的) 本研究では、ICT 及び AI を用いて、重症患者の病態等に関する情報集約システムを開発するとともに、地域の重症患者用病床の空床状況等に見える化するプラットフォームを作成し、転院搬送が必要な重症患者と医療機関を迅速にマッチングするシステム（「重症患者転院搬送支援システム（仮称）」）を構築することを目的とした。

(方法) 本研究は以下の3段階で構成した。1. 重症患者転院搬送支援システムの開発、2. 重症患者転院搬送支援システムの精練、3. 重症患者転院搬送支援システムの実現可能性評価。各段階において、テストデータおよび架空の症例を使用したため、人に対する侵襲は生じず。関係する指針の適用外でもあった。

(成果) ICT 及び AI を活用し、重症患者搬送支援システム（以下、搬送支援システム）を開発・精練し、実現可能性を評価した。搬送支援システムは、医療情報の自動抽出（必要時、インポート）・登録医療機関への一斉通知・回答依頼・転院依頼を行う医療機関の順位付け機能を有し、実現可能性評価（実証実験）において、「転院依頼に要する時間」が大幅に短縮された（短縮率：81.9%）。また、搬送支援システムにより、確実な情報伝達や受入可否判定が可能であることが示唆された。現在、各医療機関からの回答・搬送距離等を基に医療機関を順位付けし、転院依頼を優先的に行う医療機関を選定・提示する他のシステムは存在しない。搬送支援システムによって、受入可能かつ近医の医療機関に転院依頼・搬送できることは、重症患者の救命や転帰に加えて、患者のその後の人生の質（QOL: Quality of Life）へ大いに貢献する可能性がある。同時に、搬送支援システムの有用性を発揮するための課題も明らかになった。本成果は、転院搬送支援体制の整備・強化の必要性を裏付け、今後の医療 DX 推進や類似システムの導入を検討する際の留意点および解決すべき課題を示すものとなり得る。

(結語) 搬送支援システムの開発・精練・実現可能性評価を通じ、「重症患者転院搬送支援システム（仮称）」を構築した。今後は、本成果を重症患者の転院搬送における医療機関選定の迅速化および地域医療連携体制の強化に繋げていくことが重要である。

A. 研究目的

(背景)

重症患者の診療においては、その病態や必要な治療内容から、迅速に他の医療機関へ搬送する必要がある場合がある。従来、そのような転院搬送にあたっては、搬送元医療機関の医師が、当該患者の膨大な医療情報から必要な情報を集約し、治療に必要な医療提供体制を判断した上で、担当医師自らが搬送先となりうる医療機関を選定し、各医療機関に空床状況等を個別に電話で確認しながら収容の可否を確認してきた。また、搬送元医療機関の担当医師は必ずしも重症患者の診療及び地域の医療提供体制に精通しているとは限らず、転院を要する重症患者と医療機関とのマッチングに時間を要することも少なくない。加えて、重症患者の転院搬送に係るこれらの手続きは、刻一刻と容体が変化する重症患者の診療と並行して実施する必要がある、大きな負担となっている。

重症患者の救命のためには、より効率的な転院搬送の仕組みを構築し、重症患者を遅滞なく高次医療機関等へ転院搬送させる必要がある。

(目的)

本研究では、ICT 及び AI を用いて、重症患者の病態等に関する情報集約システムを開発するとともに、地域の重症患者用病床の空床状況等を見える化するプラットフォームを作成し、転院搬送が必要な重症患者と医療機関を迅速にマッチングするシステム（「重症患者転院搬送支援システム（仮称）」）を構築することを目的とした。

B. 研究方法

1. 重症患者転院搬送支援システムの開発

1) 患者の重症度及び臓器障害等を判定する医療情報を自動抽出・集約するシステムの開発

- 重症患者転院搬送支援システム（以下、搬送支援システム）において、患者の重症度及び臓器障害等を判定する医療情報を検討・決定した。
- 医療情報を自動抽出・集約するために、搬送支援システムと連携が必要な医療・電子機器を調査した。
- 搬送支援システムと医療・電子機器との連携方法を調査・検討した。

を調査・検討した。

2) 重症患者用病床の空床状況等を自動抽出し、医療連携プラットフォーム等によってリアルタイム把握が可能なシステムの開発

- 搬送支援システムの構築環境を検討した。
- 重症患者用病床の空床状況の把握方法を調査・検討した。
- 搬送支援システムに搭載する機能を検討した。

2. 重症患者転院搬送支援システムの精練

- 開発した搬送支援システムを班会議にて提示し、より実臨床で有用な搬送支援システムに改良した。

3. 重症患者転院搬送支援システムの実現可能性評価

- 搬送支援システムを使用した場合の転院依頼と従来の転院依頼を比較し、システムの効果を検証した。検証にはあらかじめ生成した架空の 5 症例（急性呼吸不全・重症敗血症・重症急性膵炎・急性左心不全・重度糖尿病性ケトアシドーシス）を使用し、各症例に対して 4 つの医療機関に転院依頼する状況を想定した。評価指標は「転院依頼に要する時間」、「転院依頼時の情報伝達率」に設定した。従来の転院搬送は、電話での情報伝達を想定し、「転院依頼に要する時間」は、支援要請側が症例情報の読み上げを開始してから、受入側が記録用紙への記載を完了するまでの時間を測定した。「転院依頼時の情報伝達率」は、各症例において伝達すべき項目内容を事前に設定し、受入側が記載した症例情報の記録用紙から情報伝達率（情報共有における正答率）を算出した。搬送支援システムによる転院搬送においては、「転院依頼に要する時間」は、支援要請者側の症例情報入力開始から、全医療機関の回答確認までに要した時間を測定した。「転院依頼時の情報伝達率」は、症例情報は搬送支援システムに医療・電子機器から

自動抽出・反映されるため、100%と仮定した。

- 国内の3つのシステム・取り組みを調査し、「転院搬送の種類」、「入力方法」、「転院希望患者情報の種類」、「空床情報の閲覧有無」、「転院依頼時の一斉照会の有無」、「転院依頼医療機関の優先度評価の有無」の点から転院支援システムと比較し、これまでの成果も踏まえて課題を抽出した。

倫理面への配慮

搬送支援システムの開発・精練ならびに実現可能性の検証においては、テストデータおよび架空の症例を使用した。そのため、関係する指針の適用外であった。また、必要時、研究協力施設と秘密保持契約（NDA）を締結した。

C. 研究結果

1. 重症患者転院搬送支援システムの開発

1) 患者の重症度及び臓器障害等を判定する医療情報を自動抽出・集約するシステムの開発

令和4年度において、分担研究者である大島、服部、島田、大網、東、織田、西田、山尾が中心となりシステムの開発を進めた。

搬送支援システムにおいて、患者の重症度及び臓器障害等を判定する医療情報は、集中治療室での重症度評価として広く使用されている、SOFA(Sequential Organ Failure Assessment)スコア算出に必要な情報と定めた。SOFAスコアとは、呼吸器・凝固能・肝機能・循環機能・中枢神経系・腎機能の6項目について、臓器障害の程度を5段階で評価するものである。搬送支援システムでSOFAスコアを使用するにあたり、医療・電子機器である電子カルテおよびバイタルサインモニターとの連携が必須であることが明らかになった（表1）。各メーカー担当者ならびにシステムエンジニアから各機器の情報提供を受け、連携方法を検討・決定した。テストデータを使用し、連携が可能であることを確認した。

表 1. 重症度及び臓器障害等を判定する医療情報および連携が必要な医療・電子機器

SOFA スコア 項目	SOFA スコア算出に 必要な情報	連携が必要な 医療・電子機器と機 器における 格納箇所
呼吸器	PaO2 (動脈血酸素分圧) FiO2 (吸入中酸素濃度)	電子カルテ (検査値)
凝固能	血小板数	電子カルテ (検査値)
肝機能	ビリルビン値	電子カルテ (検査値)
循環機能	血圧 薬剤投与量(昇圧剤)	バイタルサインモニター 電子カルテ (薬剤指示・経過表)
中枢神経系	GCS (Glasgow Coma Scale ; 意識レベルの評価指標)	電子カルテ (経過表)
腎機能	クレアチニン値 尿量	電子カルテ (検査値) 電子カルテ (経過表)

なお、研究協力施設：千葉メディカルセンターの医療関係者ならびにシステム担当者へ向けた研究説明会は計2回（オンラインと対面で各1回、1回あたり約1時間）実施した。対面での研究説明においては、新型コロナウイルス感染症の感染予防対策を厳守したうえで実施した。訪問時には、直接医療従事者から現状を聴取し、実際に使用している医療・電子機器を確認した。また、システム担当者を通し、同医療機関が使用している医療・電子機器メーカー担当者（2社）および各メーカーのシステムエンジニアと連絡を取り、円滑かつ緻密に研究が遂行できるよう体制を整備した。

2) 重症者用病床の空床状況等を自動抽出し、医療連携プラットフォーム等によってリアルタイム把握が可能なシステムの開発

令和4～5年度において、分担研究者である川上、竹内、山尾が中心となりシステムの開発を行った。／分担研究者である大島、服部、島田、大網、富田、織田、西田、山尾が中心となりシステムの構築を進めた。

搬送支援システムは、ICTを活用して構築し、Web

病棟名	病床数		実入院患者数	空床数	利用率
	届出数	利用可能数			
病院全体	300	280	260	20	92.9%
ICU	12	10	8	2	80.0%

図 1. 空床状況把握画面

ブラウザを使用したシステムとした。

重症者用病床の空床状況は、電子カルテにおける入院病床稼働状況のデータで把握することとし、連携方法を検討・決定した。医療機関全体の病床稼働状況と共に搬送支援システムで閲覧できるよう、搬送支援システム内に組み入れた。複数の医療機関から受け入れ可能の回答があった場合には、Google Maps Platform Directions API (Google LLC, Mountain View, CA, USA) を用いて搬送距離および推定移動時間を算出し、その結果を基に順位付けを実施した。

図1に Web ブラウザ上で表示される重症者用病床空床状況の把握画面を示す。

また、搬送支援システムは以下 6 点の機能を有するものとし、仕様を定めた (別添資料参照)。

- ① 自院での対応が困難な重症患者が発生した医療機関は、構築するシステムによって医療情報を集約し、迅速に支援を要請することができる。
- ② 支援を要する医療機関からの転院搬送依頼に係る情報 (患者情報、依頼内容等) が複数の重症患者受入医療機関にリアルタイムで一斉に送信される。
- ③ 各重症患者受入医療機関は依頼内容等を閲覧し、受入可否等を作業負担なく迅速に入力することができる。また、重症患者受入医療機関同士は、セキュアなチャットアプリを用いてコミュニケーションを取ることができる。
- ④ 各医療機関の受入可否等の回答結果は自動集計

され、関係各機関で閲覧ができる。

- ⑤ AI が各医療機関からの回答・専門性・搬送距離等を基に順位付けを実施する。
- ⑥ 各医療機関からの受入可否等の回答、集計結果、AI による解析結果が支援を要する医療機関に通知される。

2. 重症患者転院搬送支援システムの精練

令和 5～6 年度において、分担研究者である大島、服部、大網、富田、織田、西田、山尾が中心となりシステムの精練を進めた。

令和 4 年度の班会議を受け、患者の重症度及び臓器障害等を判定する医療情報は、①SOFA スコア算出に必要な情報、に加え、②採血検査結果、③レントゲン検査等の画像検査結果、④その他の資料 (判定に必要なだが、電子化されていない紙面資料) へ変更した。②採血検査結果は、開発時の連携方法にて収載が可能であり、搬送支援システムに包含した。③画像検査結果は、開発時の連携方法での収載は困難であったため、再度担当者ならびにシステムエンジニアと連絡をとり、収載する方法を模索した。結果、搬送支援システムがインストールされたコンピュータと支援を要する医療機関の DICOM サーバを接続し、閲覧・共有したい画像を搬送支援システムにインポートすることで、システムでも閲覧・共有できるよう改良を加えた。④その他の資料 (判定に必要なだが、電子化されていない紙面資料) についても、同様の方法で搬送支援システムでの閲覧・共有が可能であることを確認した。

表 2. 搬送支援システムの導入・活用に伴う費用

内容		金額 (円：税込)
医療・電子 機器との連 携	電子カルテ	
	(個人情報・採血結果)	2,576,640
	セントラルモニタ	
	(バイタルサイン)	561,000
	DICOM (画像)	495,000
院内ネット	(セントラルモニタ)	
ワーク構築		495,000
リモートメンテナンス用工事		73,810
備品		942,218
メンテナンス用ネットワーク使用料		
(月額)		19,800
総額		5,163,468

また、転院要請だけでなく、(転院要請の一手前である) 治療内容等の相談に活用できるような仕様へ変更した。

搬送支援システムの開発・精練過程より、搬送支援システムを導入・活用した場合の想定最大費用は、5,163,468 円であった。表 2 に転院搬送システムの導入・活用に伴う想定最大費用の内訳を示す。

協力施設拡大を目指し、令和 4 年度より研究協力の内諾が得られていた千葉市立海浜病院の医療関係者およびシステム開発者へ研究説明を実施した。患者の個人情報を病院外へ出力することに関するセキュリティや費用等に関する質問が多く寄せられ、都度対応した。他医療機関への個人情報送信に起因する患者同意について、入院時の書類での文言(必要性がある場合、他医療機関へ紹介する可能性があるこ

と)にて合意を得るオプトアウト形式にて問題がないことを確認した。その後も連携に向けて情報交換を継続していたが、費用(総額：最大 5,163,468 円)やシステム導入までの所要時間等の問題で、連携は見送られた。

3. 重症患者転院搬送支援システムの実現可能性評価

令和 6 年度において、分担研究者である富田が中心となり、実証実験によるシステムの検証を行なった。

「転院依頼に要する時間」は、搬送支援システムの使用によって、平均 1457.2 秒短縮した(短縮率：81.9%) (表 3)。「転院依頼時の情報伝達率」は、従来の転院搬送を想定した場合でも 98.2%であった(表 4)。

令和 7 年度において、分担研究者である富田が中心となり、国内の 3 つのシステム・取り組みを調査した。

搬送支援システムは、「入力方法(電子カルテ、一部手入力)」、「転院依頼時の一斉照会の有無(有り)」、「転院依頼医療機関の優先度評価の有無(有り)」で他システムよりも優れていた。その一方、電子カルテ

表 3. 搬送システムと従来の方法における「転院搬送に要する時間」の比較

搬送支援システム						従来の方法					
支援要請者の症例情報入力開始から、全医療機関の回答確認までに要した時間を測定						支援要請者の症例情報読み上げ開始から、全回答者のシートへの記載完了までに要した時間を測定					
症例	症例 1	症例 2	症例 3	症例 4	症例 5	症例	症例 1	症例 2	症例 3	症例 4	症例 5
回答時間	419秒	339秒	271秒	330秒	244秒	医療機関A	437秒	445秒	459秒	458秒	472秒
						医療機関B	437秒	450秒	490秒	460秒	460秒
						医療機関C	(要請者)	435秒	486秒	452秒	395秒
						医療機関D	368秒	(要請者)	458秒	438秒	(要請者)
						医療機関E	437秒	440秒	(要請者)	(要請者)	412秒
						合計時間	1679秒	1770秒	1893秒	1808秒	1739秒

時間短縮効果						
症例	平均	症例 1	症例 2	症例 3	症例 4	症例 5
短縮時間	1457.2秒	1260秒	1431秒	1622秒	1478秒	1495秒
通常合計時間－システム回答時間						
短縮率	81.9%	75.0%	80.8%	85.7%	81.7%	86.0%
短縮時間/通常合計時間×100						

表 4. 従来の方法における「転院依頼時の情報伝達率」

従来の方法					
各症例において伝達すべき項目内容を事前に設定し、回答者による患者情報を記載したメモにより情報伝達率を算出 (情報伝達率：情報共有における正答率)					
症例	症例 1	症例 2	症例 3	症例 4	症例 5
評価項目数	22	25	24	20	22
伝達項目数					
医療機関A	22	24	24	20	22
医療機関B	22	24	24	20	22
医療機関C	(要請者)	24	24	20	21
医療機関D	22	(要請者)	24	20	(要請者)
医療機関E	22	20	(要請者)	(要請者)	22
平均	22	23	24	20	22
平均伝達率 平均/評価項目数×100	100%	92.0%	100%	100%	98.9%
全体平均伝達率：98.2%					

等との連携にかかる費用の捻出や、連携における各医療機関のセキュリティ部門との調整、参加医療機関の獲得（多くの医療機関が参画しないと有効なシステムでないこと）が課題として明らかになった。

D. 考察

ICT 及び AI を活用し、搬送支援システムを開発・精練し、実現可能性を評価した。搬送支援システムは、重症患者の病態に関する医療情報や地域における重症患者用病床の空床状況等を集約・共有することにより、円滑な転院調整を支援するものである。現状、重症患者の転院搬送にあたっては、搬送元医療機関の医師が、当該患者の膨大な医療情報から必要な情報を集約し、搬送先医療機関を選定して、各医療機関へ個別に電話確認しながら収容の可否を確認している。これらの手続きは、容体が変化する重症患者の診療と並行して実施する必要がある、大きな負担である。その中で、搬送支援システムは、医療情報の自動抽出（必要時、インポート）・登録医療機関への一斉通知・回答依頼・転院依頼を行う医療機関の順位付け機能を有し、実証実験において、「転院依頼に要する時間」の大幅な短縮（短縮率：81.9%）に繋がった。これは、搬送元医療機関医師の負担を大きく軽減し、転院調整業務の効率化に資することを示唆する。

また、医療情報の”自動抽出”は、類似する他のシス

テムには搭載が確認できず、搬送支援システムの特徴の 1 つであるといえる。実証実験において、従来の転院搬送を想定した場合でも「転院依頼時の情報伝達率」は、98.2%であった。しかし、血液検査結果は部分的にしか伝達できず、画像検査結果およびその他必要な資料の共有はできていない。したがって、これらの共有機能を有する搬送支援システムにより、確実な情報伝達やそれに伴う受入可否判定に結実すると思う。

そして、各医療機関からの回答・搬送距離等を基に医療機関を順位付けし、転院依頼を優先的に行う医療機関を選定・提示する他のシステムは存在しない。受入可能かつ近医の医療機関に転院依頼・搬送できることは、重症患者の救命や転帰に加えて、身体的・精神的機能の低下を最小限に留めることも可能にし、その後の人生の質（QOL: Quality of Life）へ大いに貢献する可能性がある。

本研究を通じ、搬送支援システムの有用性が示された一方、その有用性を発揮するための課題も明らかになった。搬送支援システムの導入・運用においては、その費用、電子カルテ等の医療・電子機器との連携における技術的課題が障壁となることが示唆された。搬送支援システムは、多くの医療機関が参画しないと有効なシステムでないため、これらへの対応方策を医療機関および行政の両側面から検討していく

ことが重要である。

以上、本研究での成果は、転院搬送支援体制の整備・強化の必要性を裏付け、今後の医療 DX 推進や類似システムの導入を検討する際の留意点および解決すべき課題を示すものとして、有用な知見であるといえる。

E. 結論

ICT 及び AI を用いた搬送支援システム（情報集約システムおよび重症患者用病床の空床状況等を見える化するプラットフォーム）により、「重症患者転院搬送支援システム（仮称）」を構築した。今後は、本成果を重症患者の転院搬送における医療機関選定の迅速化および地域医療連携体制の強化に繋げていくことが重要である。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし。

2. 学会発表

なし。

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし。

2. 実用新案登録

なし。

3. その他

なし。