論 文 の 内 容 の 要 旨

論文題目　　デザイン思考を用いた医療環境の最適化に関する研究
　　－手術室・医療ユニット・外科用メスをめぐる課題把握と提案－

氏　　名　　國本　築永

本論文は，デザイン思考を取り入れ医療環境の課題を明らかとし，使用する人間とその活動の特徴からデザイン提案を行ったものである．

医療現場は専門性の高さから閉鎖性が極めて高く，課題が明らかとなりにくい．そのため従来の医療機器開発は一部の限られた医療機器に集中し，旧来より医療環境を構成する要素の多くはこれまで省みられることがなかった．加えて近年，米国General Electric社の小児用MRIを例に医療機器においても心理的側面を追求する動きが見られるようになったが，あくまでも機能的側面が既に追求されてきた機器に対して患者側の心理的側面を追求する動きである．医療従事者側における課題は医療現場の閉鎖性の高さに加え，今日も続く徒弟制度的教育を背景にこれまで社会的に論われることがなかった．そこで本論文は医療従事者側の機能的・心理的側面の同時追及を目指し，課題把握とデザイン提案を行った．研究対象は人間を取り巻く環境の３大要素（SPACE，MOBILITY，TOOL）から，それぞれ手術室，医療ユニット，外科用メスをケーススタディとして取り扱った．本論文における主な成果を以下に述べる．

（１）手術室：術中の課題把握，デザイン提案

我が国の手術室は，戦後，1955年の手術部中央化と1977年の手術室プレファブ化という２度の変化を経て今日のカタチに至っている．プレファブ化により手術室設計は建築から切り離され設備となった．それ以降，手術室設計は研究対象として取り上げられることがなくなり，清潔管理のための手術部平面計画に研究が集中した結果，手術室は今日までほぼ変わることがなかった．一方，手術室で使用される医療機器は1980年以降，映像・コンピュータ技術の発展により数も増加した．近年，導入が進むハイブリッド手術室はあくまでも医療機器側の変化に留まり，旧来の手術室に最新の医療機器を搭載したものである．手術室設計の変化としては二重壁を一部排除するようになったが面積不足の微々たる改善に留まり，プレファブ化以前の手術室設計に戻った印象が強い．

そこで本ケーススタディでは手術室と医療機器の開発の歴史に約40年間のズレがあることに

着目し,術中の手術室の実態を明らかとすると共に今後の設計の方向性を見出すことを目指した.正確な調査を実施するため，手術室内で立会い観察と計測を行った．調査結果が患部位置に影響されないよう，脳神経外科，心臓血管外科，泌尿器外科の３科を取り扱った．その結果，術中の手術室は手術台を中心とした同心円状の３つの領域に分節され，それぞれ中心から治療，移動，管理のスペースとして明確な用途分けがされていること，これに基づき，医療機器，医療従事者の配置が決定されていることを明らかとした.医療従事者は各自の管理下の医療機器群でそれぞれにグループ化され,その作業内容から看護師以外のグループが独立して存在していることが分かった．これら術中の特徴から，次の問題を図示化し明らかとした．まず手術室の面積不足に加え医療機器とコード類による動線障害の問題,そして手術室全体が立位を優先した設計となっていること,壁面設備は作業点と適合していない物が多く人間工学的に不適切な配置になっていること等を明らかとした.

調査結果を受けてデザイン提案を示した．デザイン提案により，治療スペースの拡大，移動スペースの確保，医療従事者の移動範囲の縮小などの可能性が示された．今後の手術室設計は医療従事者別に使用する医療資機材を明確に分類することから始める必要がある.これにより設備が本来必要とされる位置が明確になり，手術台を中心とした最適な設計を行うことが可能となる.最後に,術中の医療従事者と医療機器の相関から特殊作業空間としての手術室の空間的意味が今日では手術室全体から手術台周りの治療スペースに実質移っていること,将来的に医療従事者と患者が同じ空間にいる必要がなくなりつつあることについて言及した.

（２）医療ユニット：課題把握，デザイン提案，機能実証

医療のモビリティ化に対する社会的な需要が今後高まっていくことが予想される.中でも治療空間のモビリティ化である医療ユニットの場合,大規模災害発生時などの緊急時だけでなく発展途上国の一部の地域や後発開発途上国では巡回診療にも必要とされる.その特殊性からこれまで緊急医療に関わる医療従事者以外がその実態を知る機会がなく,ドクターカー等と異なり論われる機会が極端に少なかった.そのため我が国では災害発生の度に医療ユニットの検討が行われ改善されつつあるものの，未だテントに医療資機材を搬入するという形式である．米国軍使用テントの輸入に頼っているため運搬にトラックを必要とする大掛かりな規模であり,その機動性の悪さは東日本大震災で明らかとなった.

そこで本ケーススタディでは緊急時の医療救護活動に特化した医療ユニットの必要性に着目した．課題を明らかとし，最適化設計要件の抽出とデザイン提案を行った．可搬性と機動性の高さの実現が必要であると考え，調査結果から設計要件を抽出した．設計要件は以下である.

・設営が簡易で，電気や特別な工具が不要
・設営・撤去に要する時間が短時間
・設営・撤去に要する人員が少数
・2名での運搬が可能である（目標重量：52.6kg以下）
・二輪車による牽引での搬送が可能

・自動車への積載が容易なサイズ
・飛行機に預け入れできるサイズ
（目標寸法：W：500mm×D：600mm×H：1,200mm以下）

医療資機材を運ぶコンテナとテントを一体化させた自己完結型の医療ユニットを設計した.デザイン提案では従来の医療ユニットの約1/5の重量，40kg以下となり女性による運搬を可能とした.一辺2,300mmのツリー型で,四辺を開放させることで設営可能な最小単位の縮小を実現し,ユニット同士を連結することであらゆる形の治療空間を創出することも可能である.医療ユニットを自己完結型としたことで小型自動車だけでなく,二輪車による牽引での運搬も可能となった.航空会社によっては荷物としての預け入れも可能である.

最後に本論文の成果である医療ユニットの実用性と機動性を実証するため，構造解析，風洞実験による空気抵抗の評価，設営所要時間の計測実験，シミュレーション実験による空間検証とクリニカル評価，感性評価を行った．これら実験結果からユニットの基本設計に構造的な問題はなく，実現性が高いことが示された．風洞実験により突風対策のため設計を検討する箇所が見出された．シミュレーション実験による空間検証では，単体ユニット機動時でも外周幕の設置により治療に必要な空間の創出が可能であることが示され,複数ユニット機動時は動線確保が最重要となるためユニット間を拡張連結する幕の創出が必要であることが明らかとなった.設営所要時間は約３分（基礎固定なしの測定）となり，大幅な時間短縮により機動性の高さが示された．心理的側面に関して感性評価では高い評価を受け，本ユニットの実用性の高さが示された．今後，改善点を検討すると共に医療活動の内容に合わせた医療資機材をパッケージ化し組み合わせることで，緊急時の様々な医療活動に対応できる機動性の高い医療ユニットの実現が期待できる.

（３）外科用メス：課題把握，デザイン提案，機能実証

医療機器の中でも人間の基本的な操作を主とする手術器械の歴史は古く,外科が学問として認められ始めた16世紀から様々な道具が誕生してきた．手術器械の多くは1世紀～半世紀の間変化していない．これらは必ずしも最終形態を迎えている訳ではなく，機能的側面がある程度クリアしているという理由から使い心地などの心理的側面が無視され続けてきているものが大半である．この背景には，慣れや経験値で操作性を補完することが当たり前とされる医療現場の現状がある．その結果，医療従事者への負担や経験による手技レベルの差，切創事故などの問題に繋がっていると考えた.

そこで本ケーススタディでは手術器械の中から手術に必要不可欠な代表的器械の外科用メスを取り上げ，最適化設計要件の抽出とデザイン提案を行った．設計要件を抽出し，これに基づいた試作モデルの制作と評価を繰り返し，デザイン提案を行った．設計要件は以下である.

・高い安定性と操作性を実現する
・リユーザブル型・ディスポーザブル型の仕様展開が可能である
・現在使用されているブレードの装着が可能である

・ブレード交換が容易かつ安全である
・滑り止め性能が低下しない
・器械台上で転がらない
・支持点間距離が8mmである
・ブレードロック取付回転角が約40°である

外科用メスの把持方法と使用時の動きを考察し,次の形状特徴を有する外科用メスを設計した.デザイン提案はメスハンドルとブレードロックの2ピース構成とし，従来必要としていた替刃メス着脱鉗子が不要となった．一つのメスハンドルで全てのブレードへの対応が可能であり，術者の手のサイズや好みに合わせた長さ調整も可能である.

・ハンドル側面が上下面より広くなる断面形状
・ハンドル末端部は手根部に沿う形状
・ハンドル軸と示指が平行となるペン型形状
・示指側を凸とするカーブ形状
・手掌・指に沿うカーブ形状
・滑り止めは軸方向に平行
・転がらない断面形状

最後に提案モデルに対して，操作性と使い心地の視点から機能実証をすべく実験を行った．接触圧分布の測定により，提案モデルの把持は面支持でより安定性が高いことを示した．使用時の動作解析では，経験値の浅い若手医師でも手技が全体的に安定し，熟練した医師の動作に近づくことを示した．さらにアフォードされる把持位置と重心が一致することを確認した．液体ドリップ試験では液体が溜まりにくい形状であることを確認し，滑り止め効果の持続性を示した．感性評価・クリニカル評価では男女，職業問わずに持ちやすさが評価された．デザイン提案は今後，電気メスハンドルへの応用が期待できる.