

# 現場ニーズに即した研究開発・商品化

中村俊哉 高見響 吉野樹 福井克也 陳隆明

## 1 はじめに

本当に役立つものづくりを行うため、ロボットリハビリテーションセンターでの開発スキームに沿って開発を進めてきた。これまでに、排泄支援装置の商品化、障害者雇用にもつながる骨盤モデル製造のサービス事業化を実現し、量産型筋電義手の商品化に向けて開発を進めてきたほか、令和2年度はコロナウイルスの感染拡大予防に資するフェースシールドの設計・開発・製作技術移転も行った。令和4年度は小児訓練用筋電義手の開発について報告する。

## 2 ロボットリハビリテーションセンターでの開発スキーム

総合リハビリテーションセンター内にある福祉のまちづくり研究所では、隣接するリハビリテーション中央病院の臨床スタッフなどと密に連携を取りながら研究開発ができる利点がある。臨床スタッフと協力しながら研究所内で行う機能モデルの試作まではスムーズに進むことが多い。しかし、企業と連携したプロトタイプの開発や商品化、あるいは企業からの開発相談の対応過程を見直すと、研究所内で行ってきた機能モデル作成までの過程とは異なる課題があることが見えてきた。



図1 社会実装を成功させるためのサイクル

図1に示すように、ニーズから得た研究所での開発成果を、企業と連携し役立つモノに作り上げるサイクルを回している。その経過の中で、開発初期段階であるニーズ把握に問題があることが見えてきた。同様に、企業で開発を行ったプロトタイプや製品の改良に関する相談でもニーズの把握がうまくできていないことがあった。それぞれの案件において異なるレベルの問題が入り混じっているが、最終的には開発から商品化に至る過程で生じる全ての問題が解決できなければ、役立つモノには結びつかない。

図1の「ニーズの把握」から「工学によるロボットづくり」の部分について、これまで実践してきたロボットリハビリテーションセンターでの開発スキームをまず簡潔に説明した後、具体例を交えて、直面した問題点について示す。

図2に示す開発スキームは、平成25～27年度に実施した「ロボットリハビリテーションの定量評価手法の開発」や平成27～29年度の「モーションパラメータ応用技術開発」において実施してきた。図中の「セラピスト」とある部分は、開発を通じて「現場で利用する者」とした方が適切であることもわかった。この開発スキームの要点は、その利用者の欲するものを実現するため、まず利用者（エンドユーザーや中間

ユーザー）の意見を取り入れ、利用者と意見を交わしながら開発を進めることにある。そのために、双方が思い込みでなく、共通の認識を持つためにモックアップを作成して、完成形のサイズ感を体験してもらう過程を取り入れている。エンジニアと利用者では、口頭で伝えた際の感じ方が異なっており、その大きさや出来上がりイメージを利用者に事前に確認してもらってから、機能モデルの作成を始めるほうが迅速に機能の実装ができる。そして、機能が実装されると、利用者に手に取ってもらいながら実際の操作をしてもらうこととなる。ここで見つかった改善点にきっちり対処していくことで、現場で役立つモノの実現性が高まっていく。

エンジニア側で見落とされがちな点は、現場で利用する際に、開発したモノの機能そのものを利用する場面だけではなく、リハビリテーション訓練であれば、訓練を始めるにあたり、その準備から訓練での利用、収納まで含めた一連の流れを想定しておく点である。開発物の利用について一連の流れを把握しておかないと、開発したものを利用現場に持ち込めないという失態が起こる可能性もある。

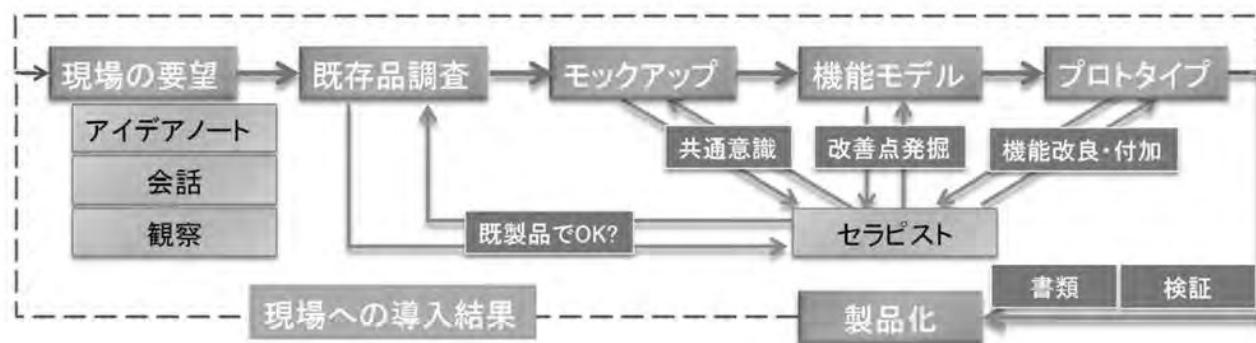


図2 ロボットリハビリテーションセンターでの開発スキーム

これまでに開発した排泄支援装置や骨盤モデル、量産型筋電義手などは上述のスキームに則ってきた。また、それらの開発においては、利用者の意見のほか、ものづくりを行う現場の意見も反映した開発を進めたことで、福祉工場などと連携した商品化やサービス化に至っている。

そして次のステップとして、商品やサービスを必要とされる方に届ける仕組みづくりが待っている。必要としている人が商品やサービスを入手しやすいようにするための課題として、図2の「製品化」と「現場への導入結果」の間にある、商品の入手性や流通に係る具体的な道筋の構築が必要である。この部分に関して解決する道筋の立て方を確立していくことが今後必要だと考えている。中でも、公的支給制度などを活用できる商品は、利用者の費用負担が軽減されることから、商品化における重要な配慮点になると考えている。

### 3 小児訓練用筋電義手の開発

令和3年度までに外部資金である厚生労働省「障害者自立支援機器等開発促進事業」も活用した小児訓練用筋電義手の開発に取り組み、主要部品であるハンドや電池内蔵式手継手の試作を進めた。

小児に対する義手の訓練件数は年々増えてきており、筋電義手を用いた訓練を実施するために必須となる筋電義手そのものの準備費用も増えてきている。筋電義手の訓練を始めようすると、訓練用の筋電義手については病院などの訓練施設側が購入する必要があり、初期投資額が大きいため訓練を行うことができる施設が限定されていた。さらに、この義手は輸入に頼っているのが現状である。費用面では、小児筋電義手バンク事業により負担を減らすことができているものの、財源が永続する保証はない。

そこで、国産品として訓練用途を主体とした小児用筋電義手を開発し、現在より廉価な製品にすることで導入を容易にしようとしている。訓練用の筋電義手が入手可能な施設が増えることで、筋電義手訓練を受けられる子どもが増えると考えられる。

開発した小児訓練用筋電義手の活用方法の一例として、筋電義手の使用を希望する小児に対して本人用の筋電義手を製作する前段階で、操作の体験や軽量物を把持するなどの簡単な訓練を行うことのできる模

擬義手としての使用が考えられる(図3)。模擬義手として活用するためには、筋電義手の可動部品や電極・バッテリだけでなく、ソケットも必要となる。本来ソケットは使用者ごとに製作をするものであるが、短時間の使用を想定し、簡便に装着・使用できる模擬義手用ソケットを用意することで、筋電義手訓練への導入がよりスムーズになるとえた。このようなソケットに必要な条件として、ある程度のサイズの相違に対応可能、使用時の取り扱いが分かりやすく迅速に装脱着が可能、製作や修理が容易であることが挙げられる。

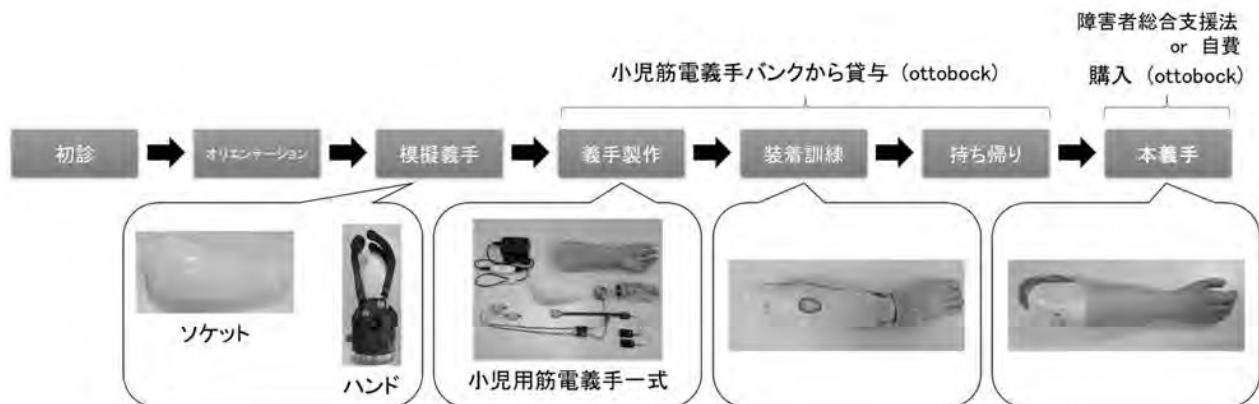


図3 小児の初診から義手購入までの流れ

### 3.1 シリコーン製グローブの改良

令和2年度までに県受託研究で量産型筋電義手に使用するシリコーン製グローブの開発を行ってきた。従来のグローブ製作方法は、石膏などを使用して手作業でマスター型を製作し、そのマスター型をコピーして耐久性のある材料で製作後にグローブを製作するという工程であった。この製作工程では、グローブの形状を修正しようとすると、マスター型の修正から行う必要があり、型製作と型修正に時間と高額な費用が必要であった。しかし、開発したグローブ製作方法では、マスター型を3D形状データで作成することで、型の製作と形状の修正が容易となった。また、グローブ製作時に必要であった耐久性のある材料で製作した型を立体プリンタで製作することで、型の製作時間と費用を抑えることができ、型が破損しても再製作が容易となった(図4)。さらに、グローブ内部の指先に突起のあるシリコーン製グローブの開発を行った(図5)。グローブを装着したハンドを動作させるとハンドと一緒にグローブも動き、ハンドの指先に隙間ができると物が持たしくくなる。グローブの内側に突起を設置することで、グローブの動きを抑え、ハンドの指先に隙間ができるにくくなり、物を持ちやすくなった。

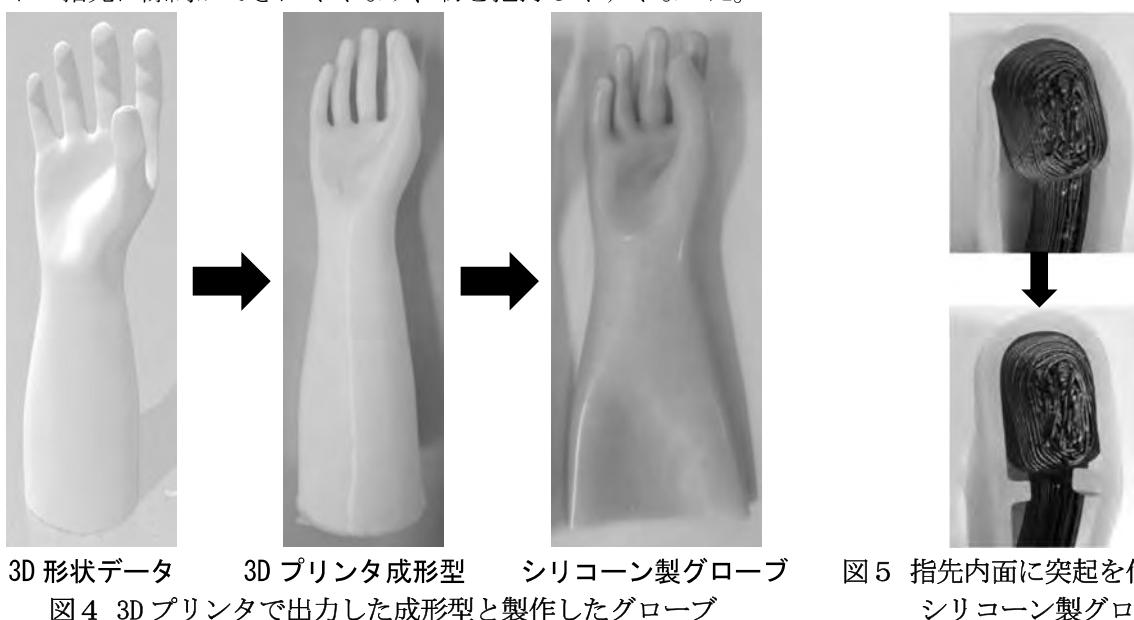


図4 3Dプリンタで出力した成形型と製作したグローブ

図5 指先内面に突起を付したシリコーン製グローブ

### 3.2 ハンドの全体長短縮化

これまでに、コンセプト検証の試作のためのモデル、筋電義手開閉訓練に活用可能なモデル、装着訓練を想定したモデルの開発を行い、更なる全体長短縮のために改良を行った（図6）。

ハンドの骨格部は立体プリンタを用いて製作し、材料はカーボン複合材を使用した。装着訓練を想定したモデルの改良版の全体長は108mm、把持力は6.0Nとなった。ギアの構造や把持力増大機構を維持したまま、改良した制御基板やモータを収納できるように骨格部の形状を変更することで、ハンド長の短縮を行い、前のモデルと比較して全体長は17mm短縮した。また、把持力は前のモデルと比較して3.0N向上した。骨格部の材料をABS樹脂からカーボン複合材へ変更することで、耐久性を向上させた。さらに、新たに電源スイッチを追加することで、任意の位置でのハンドのON/OFFが可能となった。

ハンドに使用したモータは、前のモデルで開発したギア比を変更したモータから、端子部分を改良することで、さらに小型なモータとなった。

ハンドに使用した制御基板は、前のモデルまではハンドの下部に円形状の制御基板を設置していたが、全体長の短縮のために、円形状の制御基板から半月形状の制御基板に形状を変更した（図7）。さらに設置位置をモータ上部に変更することで、全体長の短縮を行った。制御プログラムは、新たな制御基板に合わせて調整を行った。

改良を行ったハンドの把持力が6.0Nになったことで、ハンドのみで500ml入りのペットボトル（約550g）を把持することが可能となった（図8）。

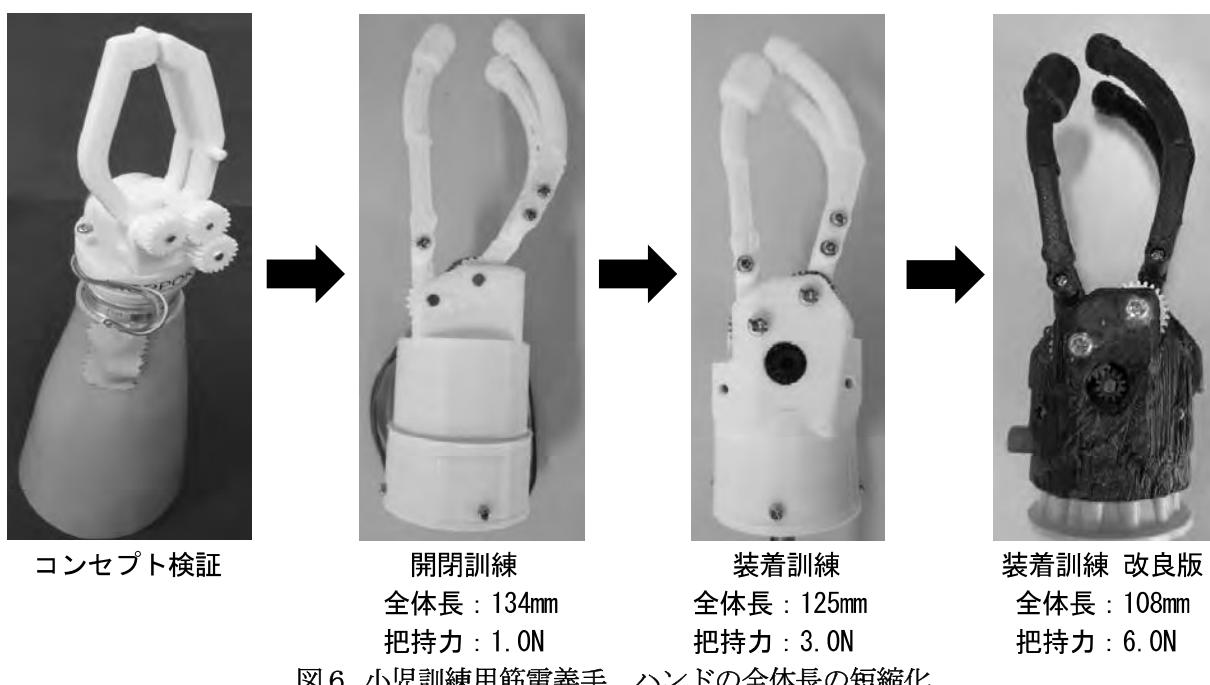


図6 小児訓練用筋電義手 ハンドの全体長の短縮化



図7 制御基板

図8 ペットボトルを持つ様子

### 3.3 リストメタル機能付きバッテリの開発

バッテリはハンドとソケットをつなぐためのリストメタルの機能を付けることで義手ソケットの手首部分へ埋め込むことができ、限られた空間内に配置できるようにした。量産型筋電義手の部品として、共同開発企業と開発をした「電池内蔵継手」(特許第7090286号)をもとに、小児訓練用筋電義手に適応するために仕様変更を行い、リストメタル機能付きバッテリを開発した。小児の腕の大きさを考慮して直径を電池内蔵継手より5mm縮小した40mmとし、ハンドとの接続においてより短縮化できる方法への変更、給電システムの変更を行った(図9)。

### 3.4 模擬義手用ソケットの開発

本人用の筋電義手を製作する前段階で操作の体験や簡単な訓練に使用できる模擬義手用ソケットの開発を行った。模擬義手としての使用を目的とするため、ある程度のサイズの相違に対応でき、使用時の取り扱いが分かりやすく、製作や修理が容易なものを目指とした。

まず、仕様決定のために従来用いられている義肢装具材料と製作手法を使用して試作を行った。試作した模擬義手用ソケットは、腕に直に接する内ソケット(図10上段)、内ソケットの外側にある外ソケット(図10中段)、ハンドを取り付ける支持部(図10下段)の3つの部品で構成するものとした。内ソケットはやわらかい材料で製作することで、装着した際の腕との適合性を考慮した。外ソケットは硬い材料で製作することで、内ソケットの剛性を補うものとした。支持部は硬い材料で製作することで、ハンドの重みや簡単な訓練にも耐えることのできるものとした。これら3つの部品の他に面ファスナーなどを組み合わせることで、模擬義手用ソケットとして機能するものとした。また、サイズの違いにも対応できるように大きさの異なる2種類を製作した(図11)。大きさの異なる内・外ソケットと支持部を組み合わせることにより、腕の長さや太さのサイズに合わせて部品を選択することができるようとした。

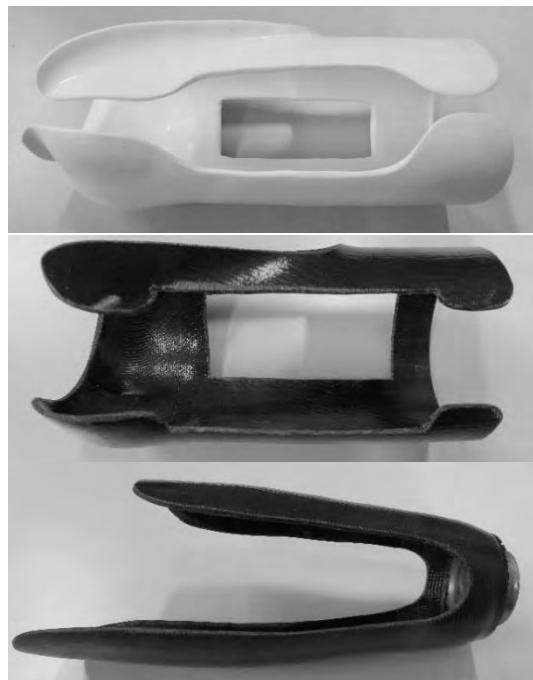
試作した模擬義手用ソケットでは、従来の義肢装具材料と製作手法で試作を行ったが、製作時間は本人用の筋電義手ソケットを製作する時間と同程度必要であった。そこで、製作や修理をより容易なものとするために、模擬義手用ソケットを立体プリンタで製作することとした。立体プリンタで出力するためには3D形状データが必要であるため、試作した内ソケット、外ソケット、支持部を3Dスキャナーで読み取り、データ修正をしてそれぞれの3D形状データを取得した(図12)。

今後は、作成した3D形状データを立体プリンタで出力して、製作時間や耐久性、取り扱いのしやすさについて検証する予定である。



電池内蔵継手      リストメタル機能  
付きバッテリ

図9 バッテリ



上段：内ソケット

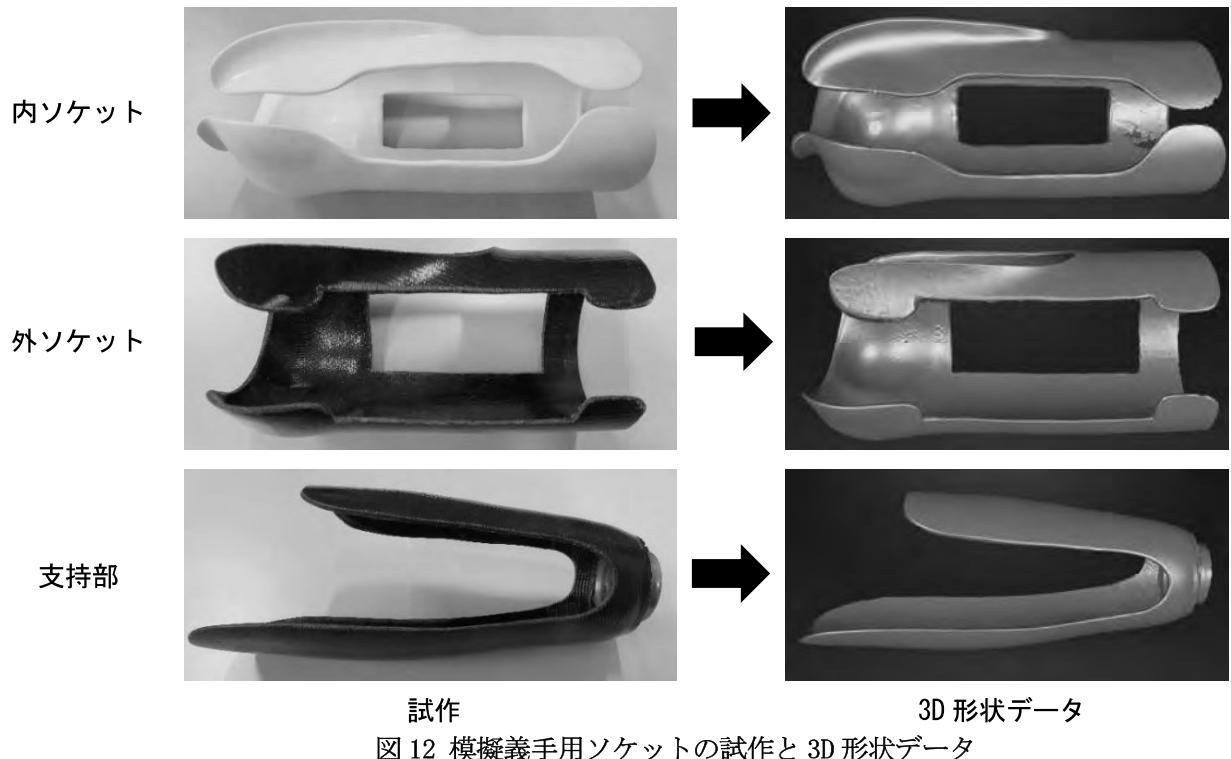
中段：外ソケット

下段：支持部

図10 模擬義手用ソケットの構成



図11 大きさの異なる模擬義手用ソケット



#### 4 おわりに

筋電義手が普及するためには訓練する人材の確保だけでなく、施設が負担する準備コストを下げる必要がある。当研究所では外部資金も活用しながら、小児筋電義手の機構部品やバッテリの開発を進めてきた。令和4年度において、訓練が受けられる小児を増やすことを目的に、医療機関において試用できる模擬電動義手の開発に取り組み、迅速に装着可能なソケットを考案した。そして、ニーズに応じた迅速な製作や複数サイズ化を容易にするため3Dプリンタ用のデータ作成も行った。今後はこれらの部品とソケットを組み合わせて活用できるように評価を進める予定である。

#### 謝辞

大阪産業大学入江満教授および兵庫県立リハビリテーション中央病院の医師・作業療法士各位には貴重なご助言をいただきました。また、小児訓練用筋電義手の機構部の開発には、大阪産業大学、アルメックスコーティング株式会社、Amaz 技術コンサルティング合同会社とともに取り組みました。記して謝意を表します。