

韓国における建設自動化・ロボットの 未来に向けた挑戦

趙 文 枅

韓国における建設自動化・ロボットに関する研究開発は、2000年代の初めから本格的に進められ始めた。これは、少子高齢化による人材需給のアンバランスや熟練工の不足などの問題を緩和しようとする社会的なニーズと世界最高レベルのICT技術及びインフラの保有、政府の持続的なR&D予算増加のように有利な研究基盤が整えられたことが背景となっている。しかし、過去10年間持続的にR&Dへの莫大な投資が行われたにもかかわらず、まだ韓国の建設現場には自動化装置が活用されていないのが現状である。即ち、建設産業では自動化及びロボット技術の融複合により生産性の向上を図ることが非常に難しく、現在直面している生産性問題を克服できない状況での建設自動化に関する研究は、遠からず「キャズム (CHASM)」に陥る恐れがある。本稿では、建設自動化・ロボットに関する開発がキャズムを克服し持続的に発展するために、今後R&Dの進行及び計画過程において考慮しなければならない要因を提示し、長期的な視点で「学界間のコラボレーション」と「4L」のような韓国の実情に合う研究開発パラダイムの構築を提案した。

キーワード：建設自動化、ロボット、少子高齢化、キャズム、4L

1. はじめに

韓国の建設自動化・ロボット(Construction Automation & Robotics)に関する研究開発は、日本や欧米の先進国に比べ約2～30年後の2000年代の初めから本格的に進められ始めた。これは少子高齢化による人材需給のアンバランス、熟練工の不足、頻繁な建設災害の発生を緩和しようとする社会的なニーズと世界最高レベルのICT(情報通信技術:Information & Communication Technology)技術及びインフラの保有、政府の持続的なR&D予算増加のように有利な研究基盤が整えられたことが背景となっている。

従って、本稿では韓国の建設自動化・ロボットの研究開発の背景と事例を見極めて、今後、建設自動化・ロボット技術が持続的に発展していくために必要な取り組みについて論じてみることにする。

2. 韓国内の建設自動化・ロボットの研究背景

(1) 建設自動化・ロボットに関する社会的必要性の増加

(a) 技能人材の需給のアンバランス

2000年から2009年までの10年間の建設投資は27.3%増加した。その反面、建設技能者は3.9%減少し

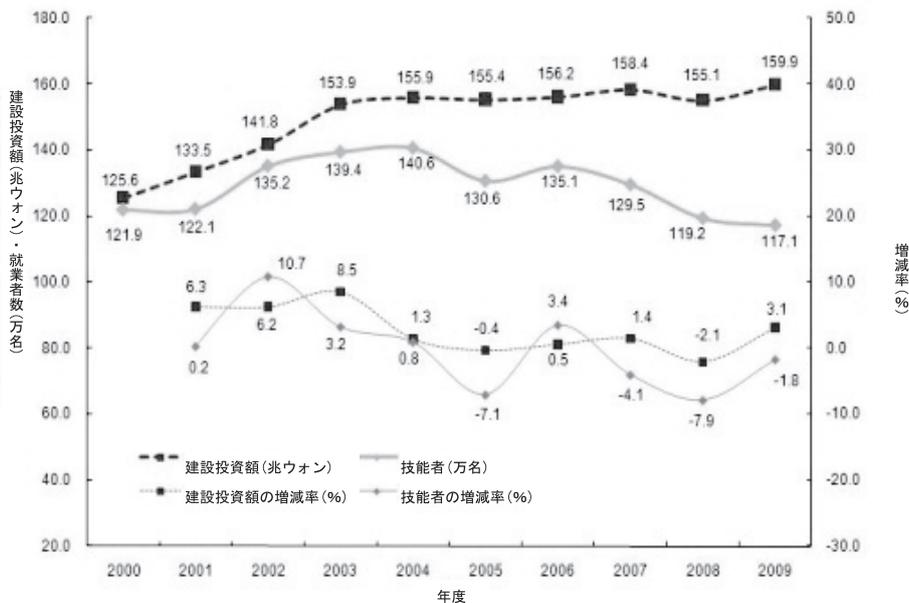
たことが示された(図—1)¹⁾。これは建設現場の仕事に対する社会の持っている悪いイメージに起因し、既に建設現場での技能者の不足が非常に深刻な水準であることを示す。更には、現在計画中及び進行中である行政中心複合都市、革新都市、企業都市などの全国的な大規模国家事業によって、今後、建設現場での技能者不足はますます深刻になると見られている。

(b) 少子高齢化

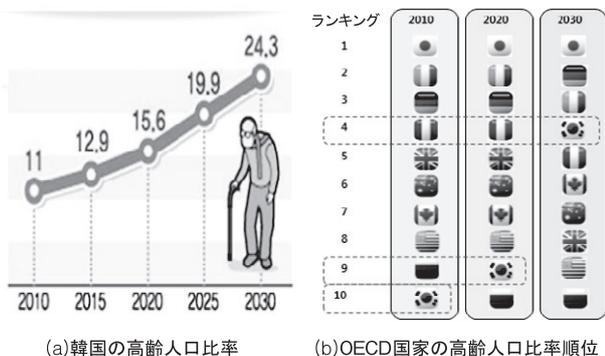
特に韓国社会での高齢化の急速な進展は、人材需給問題を一層悪化させる原因となっている。経済協力開発機構(OECD)によれば、G20加盟国の中でアルゼンチンとサウジアラビアを除いた残りの国家の総人口に対する65歳以上の人口比率推移は、2030年には日本が31.8%で最も高く、ドイツ(27.8%)、イタリア(27.3%)、韓国(24.3%)の順になるだろうと見られる(図—2)。韓国は1970年に高齢者人口の比率が3.1%でG20の中で最下位であったが、2030年には24.3%で何と21.2%増加して、日本(24.7%増加)に次いで最も急速に高齢者人口の比率が増加している現状である(図—2)²⁾。

(c) 建設災害の頻繁な発生

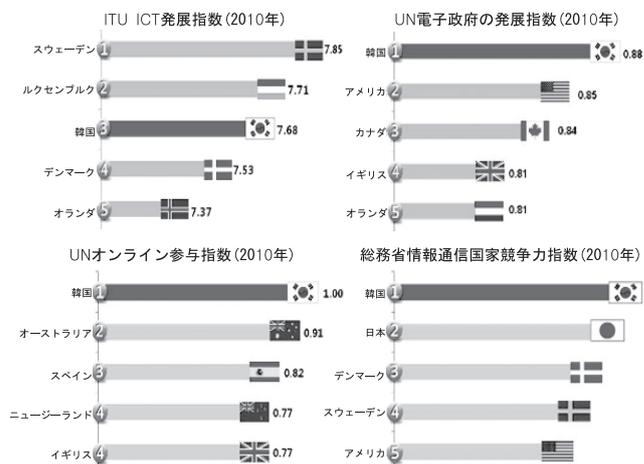
韓国の建設産業は、災害が多く発生する他の産業よりも災害発生頻度が非常に高く、更にはこの頻度が毎年増加している現状である(図—3)³⁾。



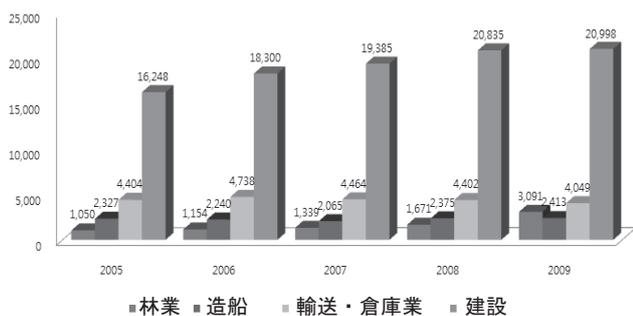
図一 建設投資額及び建設技能者の増減状況



図二 韓国の高齢化問題



図四 主要国際指数の評価順位



図三 主要産業別の災害発生 (2005 - 2009年度)

(2) 有利な韓国の建設自動化・ロボットの研究環境

(a) 韓国の ICT 産業の高い競争力

2010年に発表されたICT関連の指数を見ると、図一4のように韓国はほとんどの指数において最上位圏を占めていることがわかる⁴⁾。韓国は2000年代の半ばからICT強国としての名声を博し、この時期を基点としてICT産業の強みと半導体技術の動因としてスタートした産業と技術との融合に関するパラダイム転換が次第に定着しつつある。

(b) 韓国のロボット産業の高いポテンシャル

世界未来学会 (WFS) の特別報告書⁵⁾によれば、2020年代には人工知能の発達によりロボット産業が大きく発展すると予想している。疾病を治療するロボット医師や、目的地まで連れて行ってくれるロボット自動車、家事を手伝うロボットなど様々な用途のロボットの開発が急増するものと思われる。これによって韓国は、2020年には日本などのロボット先進国と肩を並べるものと期待される。

(c) 政府主導のR&Dへの投資支援

韓国政府は建設産業から国家経済を導く新しい成長動力を発掘しようと、10年前から持続的かつ積極的にR&Dに予算を投資してきた。韓国政府は、2005年に建設技術のレベルを現在の先進国の71%から2015年までに90%レベルへ高め、技術・設計などの建設エンジニアリング産業の世界市場での占有率を0.2%

から2%レベルに高めるという目標を示した。このため韓国政府は、建設分野のR&D予算を2002年に262億ウォン、2005年に886億ウォン、2007年に1,627億ウォン、2008年に1,652億ウォンとその規模を次第に拡大している(図一5)⁶⁾。

3. 韓国の建設自動化・ロボットの研究状況

(1) 建設自動化・ロボット研究開発の発展経緯

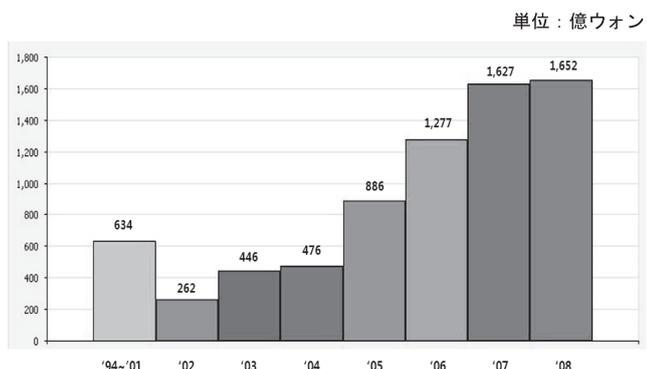
韓国の建設自動化・ロボットの研究開発は、2000年の初めに韓国建設技術研究院の建設自動化・ロボット研究チームと大学の研究チームにより本格的にスタートし、時期別の特徴によって現在まで大きく四つの段階に分けることができる(図一6参照)。

第1段階の2000年代の初めは、模倣的な研究時期と見ることができる。この時期には、路面のクラック

シールの自動化装置やヒューム管理め込み自動化装置などを開発したが、先進国の従来のいろいろな研究のフレームを模倣したものであった。第2段階の2000年代の半ばは、カスタマイズ化研究の時期と言える。この時期にはPHCパイルの杭頭自動処理装置、道路の車線除去自動化装置などを開発した。これらの装備は韓国の建設環境により適合したものであった。第3段階は2000年代の中後半からスタートしたICTの融合研究の時期で、研究事業も大型化・長期化した。この時期には先駆けた韓国のICTとの融合を基にした知能型掘削システム、高層建物の構造体を施工する自動化システムなどのように建設作業を全自動化できる先端自動化システムへの研究開発が進められている。第4段階はICTのみならずRT(Robot Technology)まで含んだ融複合研究の時期で、超高層の外壁のメンテナンス用知能型ロボットシステム、建設労働者の安全及び筋力強化のためのウェアラブルロボット(Wearable Robot)などの研究が既にスタートしていたり、今後開発される予定である。

(2) 現在進行している主要研究課題

2007年末に国土海洋部が示した建設交通のR&D中長期計画⁷⁾を見ると、政府はICT技術と建設技術との融複合により付加価値を高め国際競争力を確保することを目標として、表一1のように9つの重点課題を計画した。これらの課題は優先順位により順次的に進められる予定で、現在3つの課題が進行中である。



図一5 韓国政府の建設分野 R&D への投資推移



図一6 韓国の建設自動化及びロボット R&D の発展経緯

表一 建設技術革新事業中の先端自動化建設の重点課題

| 重点課題 | 備考 |
|---|------|
| ロボティッククレーン基盤の高層建物の構造体を施工する自動化システムの開発 | 5次年度 |
| 知能型掘削システムの開発 | 5次年度 |
| テレマティクスを活用した知能型盛り土ならし/運送システムの開発 | 計画中 |
| 知能型施設解体システムの開発 | 計画中 |
| 難接近性の狭小・危険地域のメンテナンスのための超小型ロボット | 計画中 |
| 建設作業員のための筋力強化システムの開発 | 計画中 |
| 超高層構造物の外壁用の自律走行メンテナンスシステム | 1次年度 |
| センシング及びシミュレーション技術を活用した施設設計用の環境変化予測システムの開発 | 計画中 |
| 先端の電磁気波技術を活用した地盤設計用の3次元無掘削地盤調査システム | 計画中 |

現在進行中または開発が完了した4つの主要課題の概要は、次の通りである。

(a) 知能型掘削システムの開発 (2006 - 2011)

「知能型掘削システム」は土工作業を効率的に自動化することができる方案で、土工のための設計情報と地盤の形状情報、装置のリアルタイム位置自動認識、掘削システムの知能化とそのロボティック遠隔操縦及び自律制御機能を備えたシステムを開発しようとするものである。「知能型掘削システム」は遠隔操縦を中心とする従来の土工システムからもっと進化した土工作業の知能化を目標とする。このため、このシステムはリアルタイム3D地形スキャン、知能型作業計画及び管理、掘削機の自律走行などの機能を含む。

(b) 高層建物の構造体を施工する自動化システムの開発 (2006 - 2011)

「高層建物の構造体を施工する自動化システム」は、作業員による高所作業によって鉄骨を組み立てた従来の施工方法に代わり、自動化したシステムを利用して鉄骨の組み立て作業を行うための自動化した施工システムである。日本の施工自動化システムの場合、耐震を考慮して角型鋼管を使用して溶接接合が行われる。これに比べ、この施工自動化システムは経済性を考慮して、基本的にH型鋼を使用しボルト接合される。また、日本のシステムでは資材運搬のために大型クレーンがシステムの内部に設置されて高重量であるが、このシステムではRFIDを利用した知能型タワークレーンを利用し相対的に軽量化した。

(c) 外壁メンテナンス用知能型ロボットシステム (2010 - 2015)

「外壁メンテナンス用知能型ロボットシステム」は、高層構造物の外壁掃除や塗装作業、モニタリングを行う知能型ロボットである。従来の高層建物向けのゴンドラ型ロボットと、新築建物向けの本設ガイドレールを利用したロボットからなる。自律走行を基盤とした

作業自動化と知能型外壁モニタリングを特徴とする。

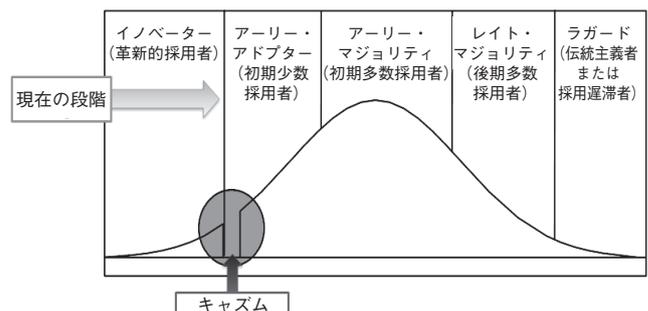
(d) 橋梁メンテナンス自動化のための先端ロボットシステム (2005 - 2009)

「橋梁メンテナンス自動化のための先端ロボットシステム」は、最近橋梁、トンネル、ダムのような主要社会基盤施設物の安全点検に対する重要性が高くなっているため、橋梁メンテナンス自動化のためにマシンビジョンシステムなど先端センサーや先端移送器具、探査ロボットを融合した先端ロボットシステムを開発するのが目的である。ロボットシステムは、橋梁状態点検のための四つの関節を持ったブームとロボットプラットフォームが付いている屈折ロボット車、屈折ロボット車の接近が難しい橋梁の点検のために飛行し橋梁下部に付着した状態で移動し検査する探査飛行ロボット、そして探査飛行ロボットと連携して屈折ロボット車が接近し難い橋梁下部及び橋脚点検のために壁面に付着し移動できる壁面移動ロボットからなる。

4. 建設自動化・ロボット研究の未来

過去10年間持続的に建設自動化・ロボットの研究開発が進められてきたが、韓国の建設現場での活用はまだ微々たるものである。日本や欧米の先進国では既にロボットが現れている状況で、その理由は建設産業の特性から探することができる。建設産業は、工場自動化が定着した製造業とは異なり作業環境とプロセスが可変的で標準化が難しく、また施設の多様化と共に作業プロセスが複雑でモジュール化し難いためである。

韓国における建設自動化・ロボットの研究開発の現在の位置を新技術の開発及び導入サイクル(図一7)に照らしてみると、イノベーター(革新的採用者)からアーリー・アダプター(初期少数採用者)の直前の段階にあると言える。しかし、実際に適用、拡散するためには越えなければならない段階、即ち「キャズム(Chasm)」がある。これを越えられなければ新技術はキャズムに落ちて闇に葬られてしまう。



図一7 新技術採用サイクル上での建設自動化・ロボット技術の現在の位置

このようなキャズムを克服し持続的に発展するために、次のような成功要因を提示する。

- ①設計及び製品の標準化・モジュール化
- ②自動化基盤技術の発展
- ③IT/RT/GT (Green Tech.) との融複合
- ④新ビジネスモジュールの開発
- ⑤市場需要創出
- ⑥市場を完全に再編することができる製品 (killer application) の開発
- ⑦関連分野の専門教育
- ⑧ R&D への持続的な投資

上述した成功要因と共に建設自動化・ロボットの研究開発の結果が建設産業に適用及び活性化するために、次の2つを結論的に提示する。

第一は、学界間のコラボレーション (multi-discipline collaboration) の強化及び建設分野の専門家らの積極的な参与である。即ち、日々発展している先端技術と建設技術との融合のためには、各分野の専門家らのコラボレーションが必須である。特に自動化装備の生産性や活用度を高めるためにはそれに適合した設計、部材、工法などの開発が必要で、これを可能にするのは装備開発を行う先端分野の専門家ではなく、実際の建設作業の経験やノウハウを持った建設分野の実務者及び専門家である。

第二は、建設自動化・ロボットの活性化に最も重要な生産性 (Productivity) の向上を考慮した4つの方向である Loose-fit, Long-life, Low-energy, そして Life-better の「4L」を研究開発の目標として志向する。4L は柔軟性と可変性を持つ技術 (loose-fit), 持続可能で高い品質を持つ技術 (long-life), 環境にやさしく省エネのできる技術 (low-energy), 人類の暮らしをより豊かにする技術 (life-better) を言う。これに基づいて研究開発を実施することにより、巨視的な視点で社会的ニーズに応えることができる研究成果を出すことが可能になると思う。

5. まとめ

本稿は、筆者が2010年9月7日に日本の早稲田大学で開かれた第12回日本建設ロボットシンポジウム

で、日本の建設ロボット専門家らに発表した資料⁸⁾を基に作成した。現在、建設自動化・ロボット分野の世界的な関心は韓国に集中している。これは韓国政府の重点的な支援の下で、前述した建設自動化・ロボットに関する大型研究開発事業が進められ、またその結果が実際の建設産業にどのように適用し活性化するかに関心が寄せられているからである。このような環境は、今後韓国が世界の建設自動化・ロボット分野において中心的な役割を果たすことができるよいチャンスであると思う。

最後に、今年ソウルで第28回 ISARC2011 (www.isarc2011.org) が開催され、日本を始め海外の建設のみならず機械、ロボット、電気電子、ICTなど多様な分野の専門家らが参加する予定である。また韓国内の建設関係者らにも多く参加していただき、未来の建設産業の発展のための交流の場となるよう期待したい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 「建設産業研究院-建設投資の活性化及び雇用与件の改善を通じた仕事創出方策報告書」建設産業研究院, 2009.
- 2) チョン・スンヨプ「韓国, 2030年にG20の四大老人国家となる」連合ニュース, 2010.05.13.
- 3) 国土海洋統計ヌリ, <http://stat.mltm.go.kr/portal/jsp/cate/flist_view.jsp>, 2010.10.14.
- 4) チョン・ヨンマン「国際 ICT 指数と大韓民国の経済力」<http://korea.kr/newsWeb>, 2010.08.09.
- 5) WFS (world future society), 20 Forecasts for 2010-2025, The Futurist, 2010.
- 6) 国土海洋統計ヌリ, <http://stat.mltm.go.kr/portal/jsp/cate/flist_view.jsp?rs_id=369&form_id=4734>, 2010.10.14.
- 7) 「建設先進化本部-建設交通のR&D中長期計画(案): 2008-2012」国土海洋部, 2007.12.
- 8) Cho, Moon Young, Development trend of automated building construction in Korea, 12th SCR (Symposium on Construction Robotics in Japan), Tokyo, Japan 2010.9.7.

【筆者紹介】

趙 文棟 (Cho Moon-young)
国際建設自動化・ロボット学会 (IAARC)
会長

