コミュニケーションロボットと見守りセンサをクラウドロボティクスで統合する「高齢者支援サービス」実証実験予備調査

The effect of communication robots cooperated with sensing system combined by cloud robotics on the elderly people at nursing home: A pilot and feasibility study

2016 年 10 月 1 日
尾林和子
社会福祉法人東京聖新会理事
一般社団法人ユニバーサルアクセシビリテイ評価機構理事長

まとめ

コミュニケーションロボット（以下コムロボットと略す）と見守りセンサーをクラウドロボティクスで統合する高齢者介護支援サービスの実現可能性の検証である。対象は都内特養入所者２名と介護スタッフ 4 名。まず介護業務分析・勤務に伴う疲労感調査、ナースコール（NC）頻度調査を行った。その後コムロボットのチューニングを行い、クラウドロボティクスに支えられたロボット及びセンサーシステムを導入しその効果を評価した。

1)仮眠の直前と早朝にかけ心理的負担・疲労度がピークに達した。2) ３時間にのぼる介護記録業務はこの疲労ピーク時に集中していた。NC が加わると心理的負担は極大となった。3) NC 頻度と心理的負担は同調する傾向があった。4)センサー類を用いて夜間バイタルデータの自動記録が可能だった。5) センサーを起点としてロボットは適切な声掛けを行った。6) 夜間中途起床時の声がけは 0 から平均 5 回へと増加した。ロボットへの能動的な語り掛けも 4 回から 8 回へ増えた。7)入居被験者と介護スタッフ、入居者同士の会話も増加した。

つまり、ロボット・センサの導入により 1)深夜労働の質を改善し、2)夜勤者負担軽減に有効に働き、3) センサー起点によるロボットによる適切な声がけは対話誘発効果をもたらした。

問題点も抽出された。運営上では、1)プライバシー保護。2)介護福祉施設の現状に即したシナリオ提供。3)介護労働の特質を分析し有効な介入方法の確立。4)被介護者の活動参加の改善をエンドポイントとしたトライアルが必要。技術的側面では、1)センシングデータの安全な取り扱い。2)発語解析と言語理解正確性の改善 3)対話シナリオの精緻化。4)クラウドロボティクスの改革など、があげられる。

コムロボットと見守りセンサーをクラウドロボティクスで統合する介護支援は実現可能である。コムロボットは、諸センサー統合システムのフロントデバイスとして期待される。エビデンスレベルの高い研究が求められる。

.

Key words: communication robot, robotics, cloud computing, elderly care, nursing home

【緒言】

パワーアシスト系介護ロボットの現実化は指呼の間にある。一方、高齢者に対するコミュニケーションロボット（以下コムロボットと略す）に関しては予備的な研究は十数年前から報告されているものの、心理社会学的にコムロボットが効果を持ったという報告[1]、コムロボットの介入が認知症対策になったという報告[2]などがあるが、エビデンスレベルで高い評価を得るものは多くはない[3]。またコムロボットが介護現場の労働負担を軽減できるかどうかについてはしっかりした報告はほとんど見当たらない。

コムロボットとか何か？当初は動物ペットの代替物と考えられてきたが、今では新しいコンセプトのロボットも続々と登場しつつある。心を支えるコムロボットの導入はまだ創世記といえる[4]。

今やクラウドコンピューティングの時代である[5]。次世代のコムロボットは、自らも知能を持ちかつクラウド上の人工知能と対話しつつ、対象高齢者をモニターするシステム全体の音声画像入出力インターフェースの一部として機能することが求められている[6]。

今回の目的もそこにある。クラウドに支えられた見守りセンサー付きのコムロボットを用いた介護支援サービスの実現可能性を探るパイロットスタディである。

【対象と方法】

対象は、インフォームドコンセントを得た、社会福祉法人東京聖新会フローラ田無入所者２名。一名は１０４歳女性、要介護 4、日常生活自立度 A2、もう一人は 87 歳女性、要介護 4、日常生活自立度 A2 であった。また介護スタッフ 4 名も調査対象とした。

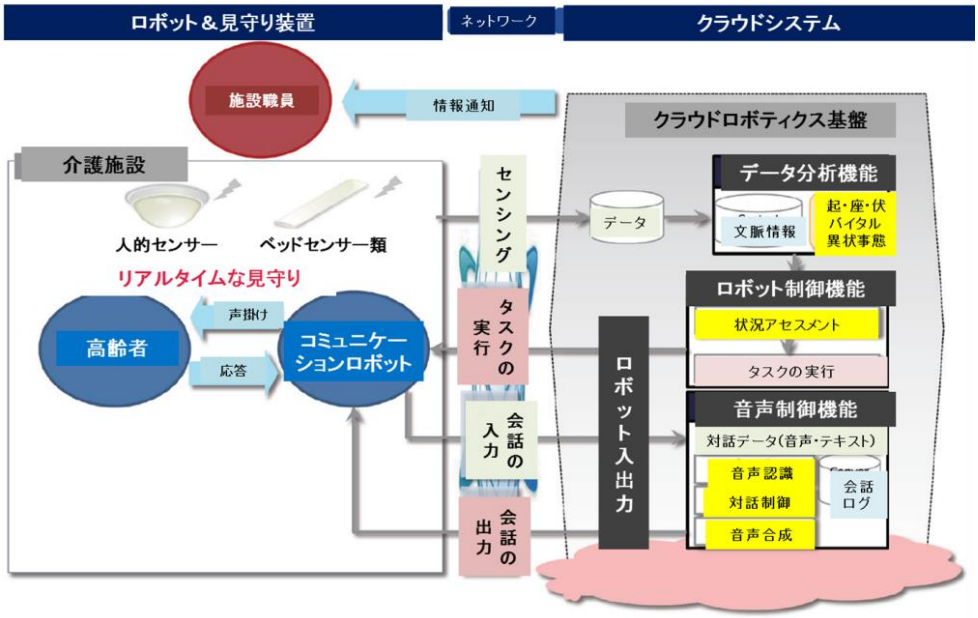
検証実験は、2015 年 3 月から同 6 月にかけて行った。3 月から 4 月にかけては事前調査である。生活リズム把握シートを用いて入所者の生活状況を観察、業務内容観察記録や活動量記録を用いてスタッフ業務の現状分析を行った。また、Visual Analogue Scale for the Profile of Mood States (POMS-VAS)[7]を用いて、緊張感・抑うつ・怒り・活気・疲労・混乱、といった心理的ストレスを、日本産業衛生学会産業疲労研究会「自覚症しらべ」[8]を用いて眠気感・不安感・不快感・だるさ感・ぼやけ感、などを定量的に調査した。労働負荷の主要な原因となるナースコール（NC）頻度調査も併せて行った。

5 月には、これらの事前調査に基づきユースケースの選定を行い、またコムロボットの対話機能の調整・センシング手法の調整などプログラムのチューニングを行った。5 月から 6 月にかけこれらロボット及びセンサーを実際に介護現場に導入しその効果を評価した。このシステムはクラウドロボティクスにより支えられた。

図１に、今回の高齢者見守りセンサ＆コムロボットシステムのクラウドロボティクス概略図を示す[9]。介護施設内での人的センサー・ベッドセンサーで得られたリアルタイムのセンシングデータはデータ I/O 装置を経て、また対象者と

コムロボット間の会話はロボット入出力装置を経て、クラウドロボティクス基盤に送られこの上で分析制御される。センシングデータ類は事前に集積されたデータ文脈情報を参照しつつ対象者の状態――立っているか・座っているか・横になっているか、起きているか・寝ているか、バイタル状態はどうか、異常事態にあるかどうかなど――を分析する。ロボット入出力からの音声による対話データは、事前に得られた会話ログの解析も参照し音声認識を行い、対話制御過程を経て音声合成を用意する。ロボット制御機構は、上記データ分析及び音声制御の結果を総合して状況のアセスメントを行い、必要なタスクの実行を伴う会話を出力することになる。この最終出力は施設の職員にも通知される。

図１　高齢者見守りセンサ＆コムロボットシステムのクラウドロボティクス概略図



今回使用したコムロボットシステムは以下により構成される。会話ロボットは Vstone 社製 SOTA（図２）。センサーとしては、ミオコーポレーション製非接触型人感バイタルセンサ、パラマウントベッド社製眠り SCAN。サーバ 3 台を用い施設内ネットワーク Wi-Fi を構築し情報伝達基盤とした。

ロボット SOTA は、外形　280(H)×140(W)×160(D)mm、763g.　合計 8 自由度(胴体 1 軸、腕 2 軸 x2、首 3 軸)を持つ。CPU に Intel(R) Edison を搭載する。入出力装置として、カメラ・モノラルマイク・スピーカ・LED（両目×2、口×1）を備えている。インターフェースとして、WiFi・Bluetooth・USB×2 が使用可能である。

図 2　コミュニケーションロボット SOTA

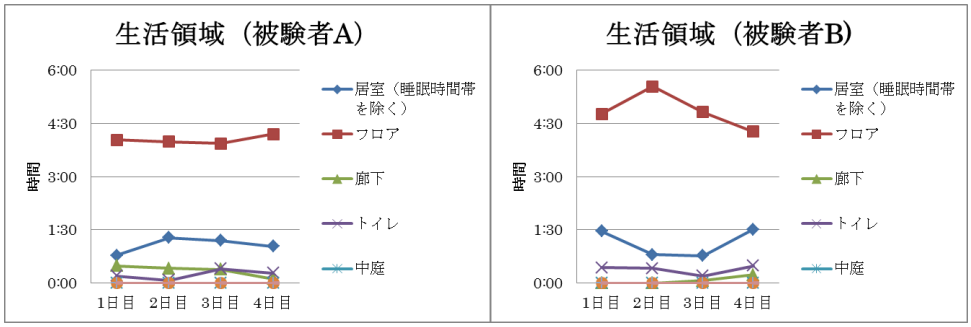
【結果】

結果１．被介護者の生活パタンと行動意欲分析

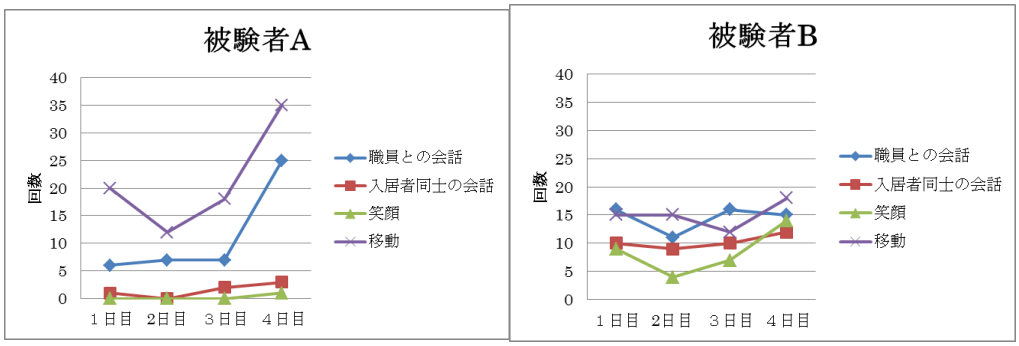
4 日間にわたる事前調査での被験者 A・B さんの夜間帯を中心とした生活パタンを図 3-a,b および表 1 に示す。今回の被験者でみると、睡眠時間を除くとフロアで過ごす時間が 4 時間以上と多い。居室で過ごす時間は 18-19%、1 時間余にすぎない。

行動意欲分析（図 3-c,d）をみると被験者 A さんでは、移動頻度が高くなると入居者同士、職員との会話は増えている。移動頻度が低い日は入居者間での会話量も少なくなり、移動の頻度が会話数にも影響していることがわかる。行動意欲の表れが行動範囲を広げることに繋がり、行動範囲が広がると会話活動が活性化し、他者との交流が促され、小さな社会参加へ発展する可能性があることが示唆される。

被験者 B さんでは、A さんのような傾向はないが、笑顔が増えているようにみえる。A さん B さんの生活活動状況は差があり、施設入所であってもひとりひとりの生活パタンは違うのだとわかる。



（図 3-a, b）高齢被験者の夜間帯を中心とした生活パタン。4 日間にわたる高齢被験者の夜間帯を中心とした生活パタンを示す。



（図 3-c, d）被験者の行動意欲分析。職員との会話、入居者同士の会話、笑顔、移動の回数を示す。

図 3　高齢被験者の夜間帯を中心とした生活パタンと行動意欲解析

表 1　被介護者の生活パタンと行動意欲分析

表 1-A　日中の生活領域：単位は時間

被験者 A	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目	平均	標準偏差
居室	10:37	11:16	11:05	11:05	11.01	0.28
居室（睡眠時間帯を除く）	0:47	1:17	1:12	1:02	1.08	0.22
フロア	4:02	3:59	3:56	4:12	4.04	0.12
廊下	0:29	0:25	0:23	0:07	0.35	0.16
トイレ	0:12	0:05	0:24	0:17	0.24	0.13
中庭	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0.00
被験者 B	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目	平均	標準偏差
居室	10:08	10:09	10:25	10:31	10.30	0.19
居室（睡眠時間帯を除く）	1:28	0:48	0:46	1:31	1.14	0.41
フロア	4:46	5:32	4:49	4:16	4.85	0.52
廊下	0:00	0:00	0:04	0:14	0.07	0.11
トイレ	0:26	0:25	0:12	0:29	0.38	0.13
中庭	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0.00

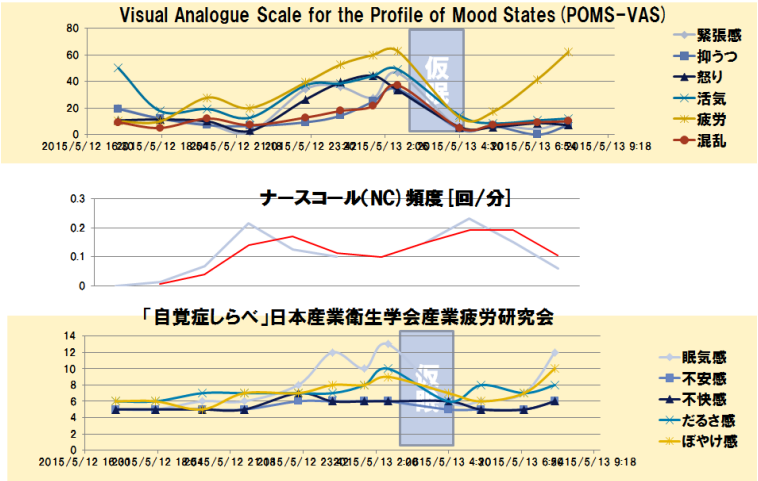
表 1-B　行動意欲分析：単位は回数

被験者 A	1日目	2日目	3日目	4日目	平均	標準偏差
職員との会話	6	7	7	25	11.3	9.2
入居者同士の会話	1	0	2	3	1.5	1.3
笑顔	0	0	0	1	0.3	0.5
移動	20	12	18	35	21.3	9.8
被験者 B	1日目	2日目	3日目	4日目	平均	標準偏差
職員との会話	16	11	16	15	14.5	2.4
入居者同士の会話	10	9	10	12	10.3	1.3
笑顔	9	4	7	14	8.5	4.2
移動	15	15	12	18	15.0	2.4

結果２．介護業務の実態調査

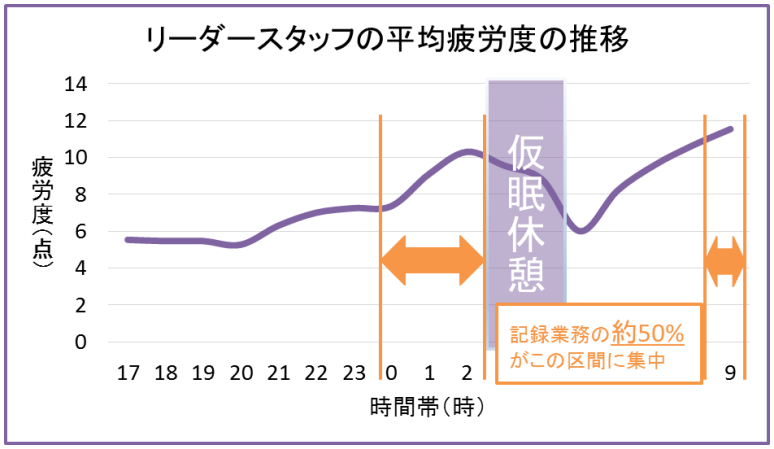
2-1　一時間毎に採取された心理的負担・疲労度調査をみる（図４参照）と、仮眠（01:00-03:00）の直前と明け方から早朝にかけ心理的負担・疲労度がピークに達していた。

図４一時間毎に採取された心理的負担･疲労度の一例。上段は「日本語 POMS」、下段は「自覚症調べ」の結果である。.



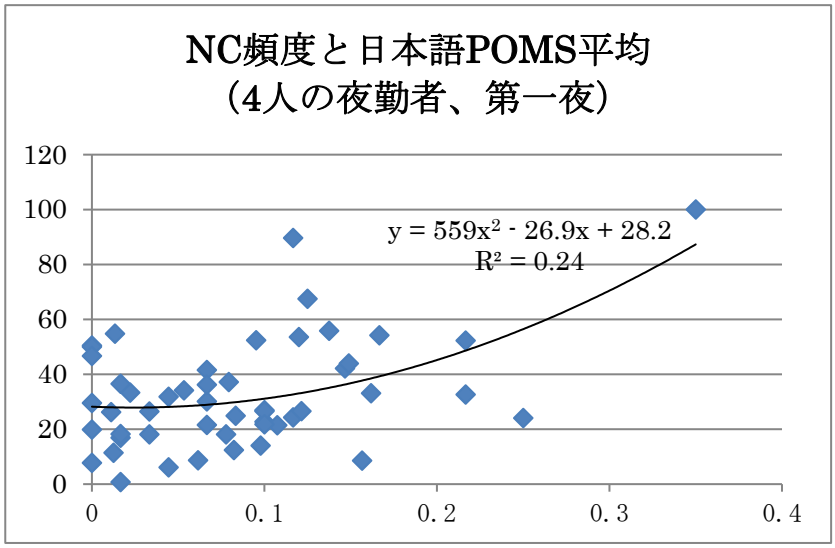
2-2　スタッフ業務のうち、記録業務の所要時間は平均３時間にのぼった。リーダースタッフの介護記録作業はこの疲労ピーク時に集中していた（図５）。ここに NC が加わると心理的負担は極大となった。

図５　リーダースタッフの平均的疲労度の推移のシェーマ



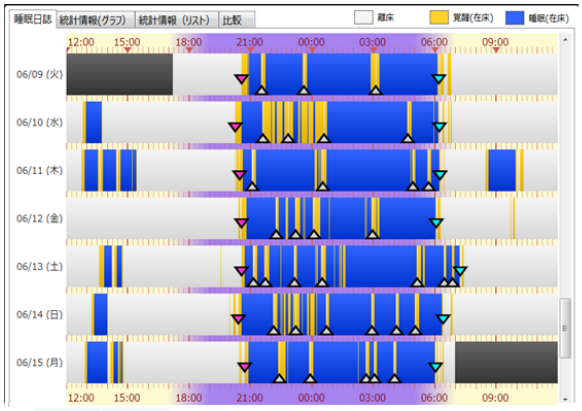
2-3　NC 発生頻度とスタッフの心理的負担感との間には関係がありそうである。計 11 個の主観的負担感と NC 頻度との相関係数 R を 4 人の被験スタッフすべて求めてみると、一部の負担感（怒り・疲労・混乱など）は関係がありそうであった。とくに日本語 POMS（平均）は（図６参照）は NC 頻度が高まると悪化する傾向が求められた(r=0.49)。

図 6　ナースコール頻度と日本語 POMS の関係。横軸は時間当たりの NC 頻度、縦軸は夜勤者 4 人の第一夜 POMS-VAS の平均値を示す。NC 頻度が高いと POMS が高まる傾向がある。



2-4　センサ類とロボット：非接触型人感バイタルセンサや眠り SCAN などのセンサ類を用いて在床時刻・入眠時刻・起床時刻・夜間起床回数・睡眠時間・呼吸回数・起床理由の自動記録が可能であった（図 7 参照）。

図 7　センサによるバイタル情報の自動記録例を示す。在床時刻・入眠時刻・起床時刻・夜間起床回数・睡眠時間・呼吸回数・起床理由の自動記録が可能であった



測定日		1日目	2日目	3日目	4日目
		6月9日	6月11日	6月15日	6月19日
在床時刻（		20:35	20:29	20:44	20:14
入眠時刻		20:11	20:38	20:55	20:33
起床時刻		6:12	6:16	5:58	5:54
夜間起床回数		3回	4回	5回	4回
夜間起床時間	1回目	21:32	21:04	22:24	22:00
	2回目	23:36	0:29	23:54	1:45
	3回目	3:06	4:53	2:36	4:44
	4回目		5:41	3:00	4:55
	5回目			4:00	5:18
睡眠時間（分）		501	512	478	438
在床時間（分）		570	577	552	553

※夜間起床時は「あれ？どうしましたか？トイレですか？」とSotaが声がけを実施

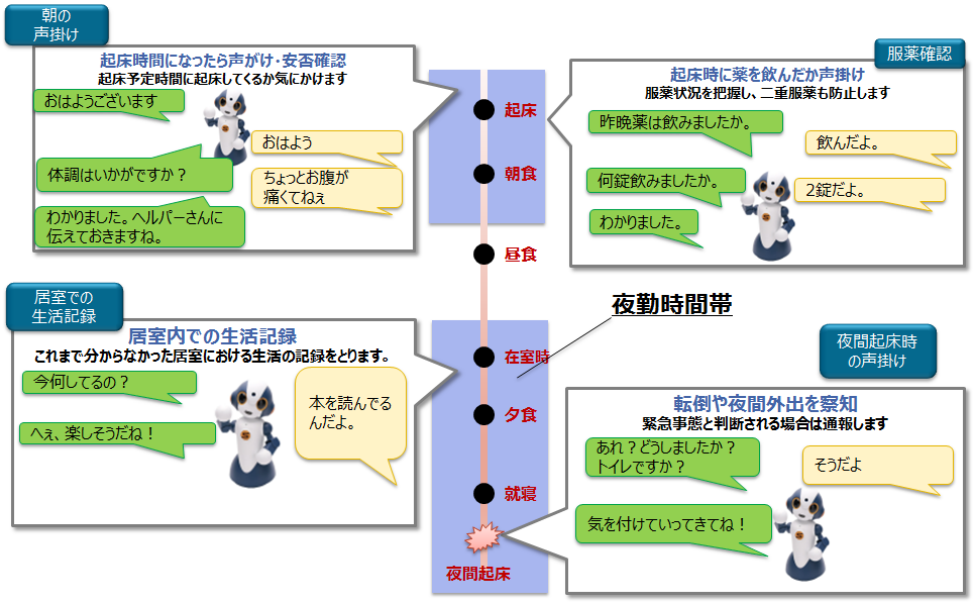
▽（紫）	入眠時刻
▽（水色）	起床
△	夜間起床
青色	睡眠（在床）
黄色	覚醒（在床）

➔起床回数・呼吸状態・起床理由が自動的に記録可能になった
起床時には時刻に応じて適切な声掛けが行われた。

2-5　事前に練られたシナリオにも助けられ、このセンサーを起点としてロボッ

トは時刻に応じて適切な声掛けを行った（図８参照）。センサー始動によるロボットの声がけは高齢者の状況確認を行うことができため、安全確認に有用であった。服薬確認会話により服薬のミスが回避されたケースもあった。通常観察が難しい夜間の生活場面情報も得られた。被験者の動きに沿ってロボットの声がけが行われたため、転倒・転落事故を予防したケースもあった。

図８　センサを起点としてロボットによる時刻に応じた適切な声掛けが行われた。



結果３． ロボットの効果

チューンアップされたこのシステムを利用した高齢者 A の会話回数を表 2 に示す。導入前の表 1 と比較すると、介護職員との会話は平均 11.3 回から 14.0 回へと増加傾向を示し、入居者との会話は1.5回から9.5回へと激増した（$p<0.05$）。ロボットとの会話も、１日目の４回から４日目には８回と増加した。またセンサー始動によるロボットからの声がけが、平均５回あった。センサー起点によるロボットの適切な声掛けは高齢者の発語量を増加させ活動を刺激し、他者との会話という社会参加を促したことになる。

表 2　ロボット導入後の会話の変化

被験者A	1日目	2日目	3日目	4日目	mean	sd
職員との会話	14	18	7	17	14.0	5.0
入居者同士の会話	6	13	5	14	9.5	4.7
ロボットとの会話	4	7	7	8	6.5	1.7

総じていえば、被験者は心理的負担なくコムロボットと会話し、日を追ってその頻度は増加し、ロボットの「成長」を喜んだ。

【結果から言えること】
1)コミュニケーションロボットは、高齢者に活動を刺激し社会参加を促がすことができる。
2)ロボットによる NC への一時的対応は夜勤者負担軽減に有効に働く可能性がある。
3)ロボット・センサーの導入によるバイタル情報の自動記録等は介護者の深夜労働の質を改善する可能性がある。
4)センサー起点によるコムロボットによる適切な声がけは ADL 低下を防ぎ対話誘発効果をもたらす可能性がある。

【問題点】
介護現場での運営上の問題点
1)高齢者のプライバシー保護が大切となる。
2)介護福祉施設の現状に即した適切なシナリオの提供・入所者毎のオーダーメイドプログラムが望まれる。
3)介護労働の特質を分析した有効な導入方法を確立する必要がある。

ロボットチューニングと技術的側面：
1)センシングデータの安全な取り扱いが保証されねば広範な普及につながらない。
2)会話エンジンレベルでの改善が必要。とくに発語解析と言語理解正確性の改良が求められる。
3)対話シナリオの精緻化は自然な会話の前提となろう。

【考察と結論】
ロボットと高齢被験者の会話は不安なく成立した。ICF の観点[10] [11]からの「高齢者の能動的な社会参加活動や自己実現」の端緒は見られたといえよう。
付帯するセンシング機器は被験者の生活状況把握を容易とし介護者の作業を効果的に支援した。介護業務の効率化に結び付く可能性は大いにあると考えられた。これらの効果は、現場で最も必要でありかつ最も確保するのが難しい高齢者との個別の「寄り添いの時間」作りに繋がるであろう。
しかし、現状ではこれらのシステムはまだまだ満足できるものとは言えない。今回のトライアルにより当面改善されるべき技術的あるいは運営上の課題を抽出することができた。クラウドロボティクスの面でも問題は山積している。ただ、今回見出されたこれらの課題は現在の技術でも対応可能であり、早急に解決可能だと思われる。
介護とロボットという領域での対要介護者対応でのコムロボットの役割は、まずはストレスを軽減し[12]、孤独感を和らげ、コミュニケーションを良くするなど感情的な安寧を与えることである[13]。しかしそれだけでは、65 歳以上の高齢者

3800 万人（総人口の 36%）を、5400 万人の労働人口（20 歳 から 64 歳まで）でみることになる（二人の老人を三人で看る）2040 年の日本[14]では牧歌的すぎるといわれてしまうことであろう。

現場で求められるのは、「在宅や施設で生活する高齢者」が今現在している活動をロボットとの会話を通じて活性化し参加へ促すことである。しかしそれにもまして要求されるのは、これら高齢者に日常生活上のトラブル（転倒や徘徊等）が降りかかる前にそのリスクを察知する諸センサーを備え[15]、そのリスクを軽減するために働く、学習可能な AI に支援されるクラウド上の安全統合システム[16]であり、そのフロントデバイスとして対象者に密着するコムロボットである。

これを実現するためには、ロボットそのものの input/output 能力の改善、対象者追尾移動能力の獲得[17]、インテリジェントレベルの画期的な成長、センサ類や他のロボットを統合するクラウドロボティクスの設計、危機管理アルゴリズムを学習可能な人工知能が支援する管理応答システムの開発などハードやソフト面で革命的な飛躍が望まれる。

【結語】

「クラウドに支えられた見守りセンサー付きのコムロボットを用いた介護支援サービスの実現可能性」を探るパイロットスタディは成功したといえる。ヒトの側は、高齢者であっても認知機能にいくらか障害があっても、それを受け入れる素地がある。ロボットが活動すべき介護現場での運営上の問題点も明らかになった。ロボット技術的に解決すべき課題も抽出された。クラウド技術を含め、改革さるべき将来の根本課題も見えてきた。

クラウドロボティクスに支えられたコムロボット＋見守りセンサーシステムは高齢者ケアにも手の届くところにある。施設であれ、在宅であれ、未来はこのステージの上にある。

高齢化が大問題になるのは日本だけではない。世界に先んじていた日本の高齢者ケアロボット研究も世界的な関心を呼んでいる。研究者・技術者、介護者や高齢被験者が連携し「共にコムロボットを育てる」エビデンスレベルの高い本格的な研究が求められる。

参考文献

[1] Robinson Hayley, Macdonald Bruce, Kerse Ngaire, Broadbent Elizabeth. The psychosocial effects of a companion robot: a randomized controlled trial. J Am Med Dir Assoc. 2013 Sep;14(9):661–7. doi: 10.1016/j.jamda.2013.02.007.

[2] Tapus, A., Tapus, C., & Matari´c, M. J. (2009). The use of socially assistive robots in the design of intelligent cognitive therapies for people with dementia. Paper presented at the IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, ICORR, June.

[3] Bemelmans Roger, Gelderblom Gert Jan, Jonker Pieter, de Witte Luc. Socially assistive robots in elderly care: a systematic review into effects and effectiveness. J Am Med Dir Assoc. 2012 Feb;13(2):114–120.e1. doi: 10.1016/j.jamda.2010.10.002.

[4] Rajiv Khosla, et.al. Embodying care in Matilda: an affective communication robot for the elderly in Australia IHI '12 Proceedings of the 2nd ACM SIGHIT International Health Informatics Symposium Pages 295-304, NY USA, 2012
[5] Goldberg K., Kehoh B., "Cloud Robotics and Automation: A Survey of Related Work." UC Berkeley Technical Report No. UCB/EECS-2013-5
[6] Kagaya T. Strategy and Efforts for Robotics Integration Aiming at Combining Information and Communications Technology with Robots https://www.ntt-review.jp/archive/ntttechnical.php?contents=ntr201211fa10_s.html
[7] James E. Arruda, Robert A. Stern, Jessica A. Somerville Measurement of mood states in stroke patients: Validation of the visual analog mood scale Physical Medicine and Rehabilitation Volume 80, Issue 6, Pages 676–680, (1999)
[8]城 憲秀．新版「自覚症しらべ」の提案と改訂作業経過．労の科学 57: 299–304. 2002;
[9] Watanabe S. Implementation and Application of. Robot Information Processing Functions. — Using Communication Robots for. Elderly Care Support New Breeze Autumn, pp.10-13, 2015
[10] Towards a Common Language for Functioning, Disability and Health ICF, WHO/EIP/GPE/CAS/01.3
[11] Hideyuki Tanaka, et.al. Development of Assistive Robots Using International Classification of Functioning, Disability, and Health: Concept, Applications, and Issues. Journal of Robotics Volume2013, Article ID 608191, 2pages
[12]Kanoh M., et.al. Examination of Practicability of Communication Robot-Assisted Activity Program for Elderly People Journal of Robotics and Mechatronics Vol.23 No.1, 2011
[13] Broekens, J., Heerink, M., and Rosendal, H.(2009). Assistive social robots in elderly care: a review. Gerontechnology
[14] The National Institute of Population and Social Security Research Regional Population Projections for Japan: 2010-2040 in March 2013. http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/e/shicyoson13/t-page.asp
[15] Sumiya T., Yutaka Matsubara, Miyuki Nakano, Midori Sugaya A Mobile Robot for Fall Detection for Elderly-Care Procedia Computer Science 60 （2015） 870 - 880
[16] Manzi, A., Fiorini, L., Esposito, R. et al. Design of a cloud robotic system to support senior citizens: the KuBo experience Autonomous Robots, April 2016, doi:10.1007/s10514-016-9569-x
[17] Enrique Dorronzoro Zubiete, Keigo Nakahata, Nevrez Imamoglu, Masashi Sekine, Guanghao Sun, Isabel Gomez, and Wenwei Yu Evaluation of a Home Biomonitoring Autonomous Mobile Robot Computational Intelligence and Neuroscience Volume 2016, Article ID 9845816, 8 pages http://dx.doi.org/10.1155/2016/9845816