

第1章 「超スマート社会」の到来

自動車や公共交通機関の発達、家電製品の改良・普及など、モノの発達によって、我々には、移動時間の短縮、肉体労働の軽減、家事時間の短縮などの恩恵がもたらされてきた。また、ラジオ、テレビ、コンピュータの出現、さらには1990年代以降の爆発的なインターネットの普及は、世界中から様々な情報を即座に入手することを可能にした。近年では、通信速度の高速化と大容量化が飛躍的に進み、スマートフォンやタブレットの普及とあいまって、従来は別々の端末から得ていた映像、音楽等のメディア機能、インターネット検索などの機能が、1つの端末でいつでもどこでも得られるようになった。さらには、コンピュータの処理能力の向上、ビッグデータ解析技術、人工知能等の進展と相まって、モノと情報を組み合わせた新たなサービスが次々と生み出され、我々の生活をますます豊かなものに変えてきている。

本章では、まず、ネットワークの高度化、ビッグデータ解析技術及び人工知能等の発展により、サイバー空間と現実空間の融合が進展することにより、未来では我々の生活がどのように変わっているのか、今日我が国が解決を迫られている社会的課題に即して「超スマート社会」の具体的な現れ方を構想する。そして、そこで浮かび上がってくる「超スマート社会」の共通項を明らかにすることを通じて、サイバー空間と現実空間が高度に融合した「超スマート社会」の輪郭を描出する。また、もたらされるであろう経済活動や社会システムの大きな変化を提示し、経済的な波及効果等についても考察する。

第1節 我が国の未来社会像

本節では、ある家族を主人公に、国民生活に身近な視点から、20年程度先の未来社会像について構想する。

我が国は、既に高齢化による社会保障費の増大、生産年齢人口の減少による労働力不足、地域活力の減退といった課題に直面しているが、20年後の2035年頃には、団塊ジュニア世代が、高齢者と呼ばれる65歳に達し始める。一方、世界に目を向けると、発展途上国の人口が大幅に増え、2035年には世界人口は約88億人になると予測¹されており、生活水準の向上や気候変動等の影響もあり、エネルギー、資源、食料などあらゆる物が不足するおそれが指摘されている。このような国内外の様々な課題に対して、科学技術イノベーションはどのように貢献することができるのだろうか。現在の萌芽的研究が^{ほうが}実用化される可能性の高い20年後に当たる2035年頃の社会像を構想する。

なお、ここで構想する未来社会像のそれぞれは、可能性のある未来像の一つであり、言わば「超スマート社会」の断片と言えるものである。上述の既に見えている社会的課題と、それらを解決に導こうと進んでいく未来社会の姿は、そのように「なる」ことがある程度明らかなものである。だが、それらは未来社会の一部であり、未来社会の大部分は、我々が楽しみや好奇心を追求し、「欲しい」「やってみたい」「変えたい」と望むことにより「作る」ものであることを忘れてはならない。

1 国際連合 World Population Prospects : The 2015 Revision

<主人公家族>

父：増田マサシ (50歳)、母：ミキ (48歳)、娘：アイ (22歳)、息子：セオ (11歳)、母方の祖父：シュン (78歳) の3世代5人家族。2035年の東京都に暮らしている。父は、災害管制センターの職員で、母は、建設会社で働く建築士である。娘は大学4年生で、現在就職活動中、息子は小学6年生である。更に増田家には、家族のほかに、家庭内で活躍しているロボットたちの司令塔となっているロボット、ゲンナイがいる。

また、父方の祖母：チエ (90歳) が、父の故郷である地方都市で、兄家族の家の近くにある介護施設に入居して暮らしている。

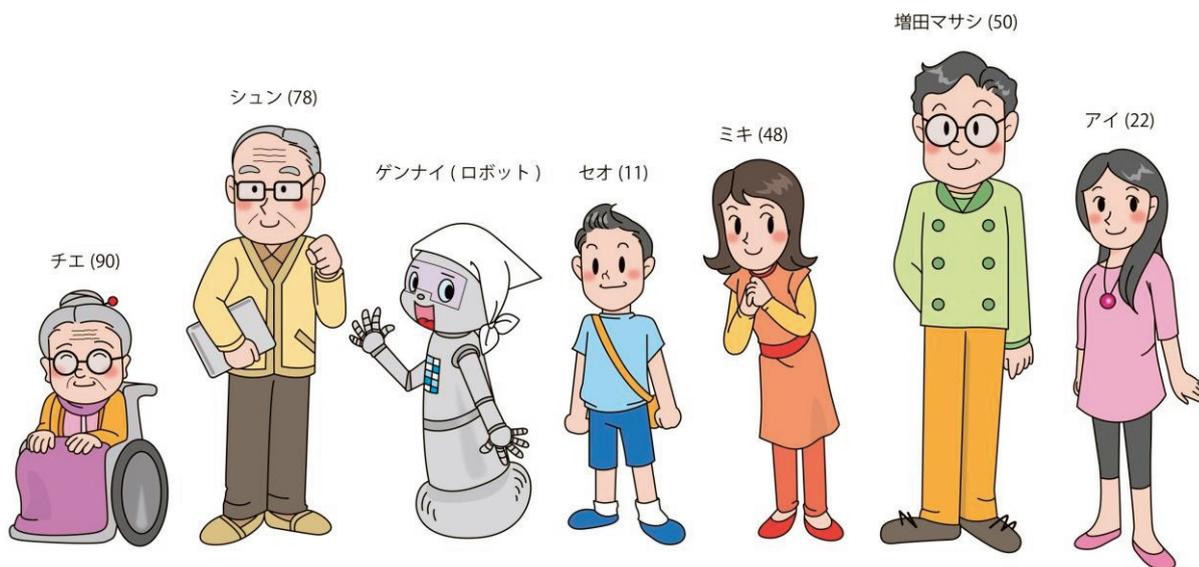
<名前の由来>

1956年、米国ニューハンプシャー州のダートマス大学で、「ダートマス会議」が開かれた。本会議で「人工知能」という言葉が生まれたとされている。主人公家族の名前は、この会議の名称と、そこに集った研究者達の名前等から取った。

ダートマス会議	⇒増田家
ジョン・マッカーシー ¹	⇒マサシ (父)
マービン・ミンスキー ²	⇒ミキ (母)
人工知能 (AI)	⇒アイ (娘；ダートマス会議で生まれた (産まれた) という意味)
ロジック・セオリスト	⇒セオ (息子；同会議で示された初の人工知能プログラム)
クロード・シャノン ³	⇒シュン (祖父)
ナザニエル・ロチェスター ⁴	⇒チエ (祖母)

(注)

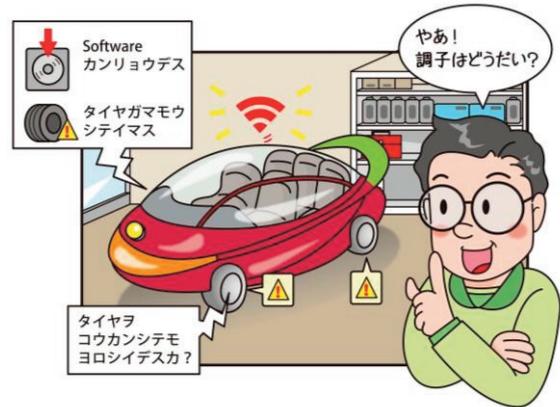
- 1 計算機科学者で認知科学者。ダートマス会議の主要メンバー。人工知能の名付け親。
- 2 コンピュータ科学者で認知科学者。マサチューセッツ工科大学の人工知能研究所の創設者の1人。
- 3 電気工学者で数学者。情報理論の生みの親。
- 4 世界で初めて大量生産された汎用型コンピュータ、IBM701開発チームの中心メンバー。



1 一品物と快適なサービスを手に入れる

<休日のガレージにて>

休日の朝、マサシは、自宅のガレージで、愛車の電気自動車に「調子はどうだい？」と声をかけた。愛車から、「タペ、自動運転機能のソフトウェアのアップデートが完了しました。タイヤの空気が減っているのでお出かけなら充填が必要です。タイヤの摩耗が進んでおり、交換のお知らせが届いています。走行することが多い路面に合った品質のタイヤが用意されています。交換してよろしいでしょうか。」との返事が返ってきた。マサシは、「ああ、嬉しいするよ。」と答えた。今日か明日には新しいタイヤと交換作業ロボットが到着するだろう。



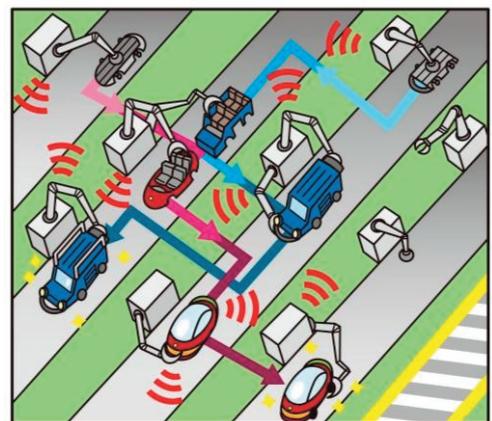
彼は若い頃から、車を自分好みに改良して長く乗るのが好きだ。同居している義理の父のように、地域でシェアしている小型車で十分快適という人が多いが、やはり愛車を持ちたい。この車は最近、10年以上ぶりに買い換えたものだ。前の車は基本的な操作は自動で行われるが、緊急時などは彼が操作する必要があった。今回は完全自動運転の車だ。近年はほとんどの車が完全自動運転となり、人が運転に関与する車に対し人々が不安の目を向けるようになってきたことが買換えの動機だった。

<愛車が到着するまで>

彼は購入過程の変わりように驚いた。彼がインターネットの無料サイトで車のデザインやパーツを閲覧すると、デザイナーから幾つかのデザイン案が送付されてきた。彼が目をとめたデザインを基に、これまでに蓄積された、顧客の反応と提案デザインへの評価結果を解析して、彼が好みそうなデザインを提案してきたのだ。彼はそれを実物大の3D画像で映し出し、全方向からチェックした後、再度送られてきたデザインに決定した。



そのデザインは組立工場に送られ、注文からほんの数日で自宅に新車が届いた。同じ工場では、他の人がデザインした車も同時並行で製造されている。様々な部品が必要な作業を行うロボットの前を通り、車へと組み立てられていく。一昔前は、モデルごとに決められたラインと行程により製造されていたが、現在は、臨機応変に一台一台デザインの異なる車を同時に製造することが可能となったようだ。お陰で、個別にデザインされた車でも既製デザインの車でも、ほぼ同じ価格で購入できるようになり、妻の小言も少し減った。



<エネルギーや資源の節約にも貢献>

車に乗り込み行き先を伝えると、交通管理センターから、最も効率的に目的地に到着するルートが提案され、画面上に表示された。同センターでは、膨大な数の車両の現在位置情報や目的地、日頃のデータを基にした稼働予測等を踏まえたルート提案を行っており、走行中もルートが変更されることがある。

彼はあらかじめ、安全性、電費¹向上、車の寿命延伸を重視する設定としており、過去の事故発生地点や路面状況なども加味したルートが通知される。彼の車の安全性、走行距離や電費に関する情報はメーカーに送られ、成績が向上すればするほど、サービス料が安くなる仕組みである。事故の際の損害賠償責任の補償と、修理費の延長保証を組み合わせたようなサービスで、車両の走行状況に応じて料金を変動しようというものである。

メーカーでは、モータやブレーキ等が故障する前のわずかな兆しも把握して、修理の提案をしてくれる。以前は、多数のパーツを組み合わせて作る必要があった部品も、3Dプリンタを使って一体成形することにより、精密に素早く、耐久性が高く軽量の部品を作ることが可能となっている。また、部品は修理の効率性も考慮してモジュール化²され、必要最低限の交換で済むようになっている。外観に飽きた場合には、可能な限り内蔵の部品はそのままに、外装のモデルチェンジをすることもできる。

2 エネルギーの地産地消で街作り

<暮らしとエネルギー>

マサシの愛車の電気自動車は、エネルギーの効率利用にも貢献している。増田家では、昼間に太陽光で発電したエネルギーの余剰分を電気自動車に充電して、夜間の暮らしのエネルギーとして利用している。災害による停電時には地域の分散電源として活用される。

「今日もいい湯だった。」風呂から上がったマサシは満足げにリビングに横たわり、本を読み始めた。我が家ではゲンナイが家庭内のエネルギー需給管理を行っており、入浴時間や各人の好みに応じて温度と湯量が無駄なく調整する。また、家族の行動、体温、位置を把握し、各人の周辺を適切な温度・明るさに調整してくれるため、以前のように、部屋の温度と電気代のことで妻と喧嘩^{けんか}になることもなく、科学技術は、家庭円満にも一役買っている。



1 電気自動車を動かす際の電力消費率。ガソリン車の「燃費」に相当。

2 機能的に独立した各パーツ (モジュール) を組み合わせることで製品が完成するよう内部設計が変化すること。

<地域でのエネルギー・マネジメント>

増田家が住む街では多分に漏れず、オフィスビル、商業施設などの施設が、太陽光発電を行ったりバイオマス熱などを利用したりしている。発電した電力は大型蓄電池に蓄えており、地域のエネルギー管理センターが街全体のエネルギー需給状況を把握して、建物間で電力を相互に融通し合うシステムが導入されている。

例えばオフィスビルでの電力需要が高まる平日昼間は、需要が低くなる商業施設から電力を融通し、逆に商業施設での電力需要が高まる休日は、オフィスビルから電力を融通する。災害等による停電が長引くときは、これらの大型蓄電池から増田家にも電力が供給され最低限の生活ができるようになっている。

以前は、各施設が個別に電力会社から電力供給を受けていたが、発電施設の設置コストの低下、発電と蓄電能力の飛躍的な向上、地域内での電力融通システムの発達により、現在は、地域内で可能な限り地産地消を図った上で、電力会社から必要な電力を購入するシステムが定着している。

3 自分好みの農作物を注文栽培

<増田家の夕食の準備>

日曜の昼下がり、ゲンナイはマサシに、「そろそろ夕食の献立を決めてください。」と声を掛け、ウェアラブル機器や食事の様子から得た家族の体調や好み、食材の在庫や市況、インターネット上に無数にあるレシピを解析し、「お父さんは胃がお疲れですね。魚と野菜中心のこんな献立はいかがですか。虎ノ門農園に作ってもらったキャベツが合うと思います。」と提案した。

更にゲンナイは、「栽培記録や農薬の残留検査結果などの情報も、希望条件を満たしています。」と補足した。調理だけでなく献立決めや食材注文もロボット任せの家庭が多い中、ミキは自分が最終判断を行う主義なのだが、今日は仕事で不在だ。マサシは「いいよ。」と答えた。

注文を受けた虎ノ門農園の倉庫では、ロボットが迅速に梱包し、近場への少量の配達にはドローンを使うため、夕方にはキャベツと農園からの礼状が届いた。ゲンナイは、お料理ロボットに今日の献立に必要なソフトウェアをインストールした。



<虎ノ門農園の経営戦略>

虎ノ門農園の農業機械は、昼夜を問わず耕うん、除草などの作業を自動運転で続けている。また、稲の生育状況に応じ田んぼごとに水利施設の自動制御を行ったり、ドローンから送られる畑や果樹園の様子を基に、ロボットが畦畔の補修や除草等を行ったりして、広範囲に分散する広大な面積の圃場を使って超省力・大規模生産を行っている。



経営者は、ビッグデータ解析による各国の消費者ニーズの把握や需要量予測、作物の収量・収穫時期・品質の予測などを人工知能に任せ、それらの結果を基に、何をどこでどれくらいいつ生産するのかといった経営戦略を練ることに時間の大半を使っている。また、受発注システムを通じた商取引も活用しながら、生産から販売まで一貫して行い、必要な量を必要な時に生産・出荷することにより、フードロス¹を低減しつつ世界各地へ作物を輸出している。

<母と農園との協働>

虎ノ門農園では、消費者との協働による細かいニーズに対応した作物の生産を進めている。ミキは昨年、農園の広告に応募して、協働者の一人となった。

農業データベースには、いろいろな品種の染色体地図が共有されており、特徴的な味や食感などの品質と、それに対応する遺伝子の部位が特定されている。また、多くのベテラン農家が持つ栽培手法と品質に関する「匠^{たくみ}の技」もデータ化されて蓄積されており、求める品質に最適な品種と栽培条件の組合せが解析できる。虎ノ門農園は、ミキの嗜好^{しこう}データと、それらの解析結果を基に、幾つかの野菜の味のサンプルを提案してきた。ミキはそのデータを基に味を再現する装置を使ってバーチャルに試食し、「おいしい!」と返答した。

こうして虎ノ門農園は、ミキの嗜好^{しこう}に応じた野菜の栽培に着手した。農業機械が、耕うん時に土壌の成分を測り、最適な栽培条件に合わせて肥料を配合し施肥^{せいひ}まで完了する。また、詳細な気象情報から得られた病虫害発生予察を基に、ミキが気にしている農薬も、農業機械が適時に必要量を散布することで最低限に抑えられている。同じく個々人の嗜好^{しこう}に応じて生産された作物でも、より栽培条件が管理しやすい植物工場^{しよくこう}で栽培され、より安価に購入できるものを好む人もいるが、ミキは太陽の光を浴びながら土の上で育った作物が好きだ。

様々な顧客ニーズに合わせた生産を行うという考え方が農業にも取り入れられているのである。ゲンナイが注文したキャベツに礼状が付いていたのは、こういう訳であった。

<地球規模課題への貢献>

虎ノ門農園も活用していた農業データベースは国際的に共有されている。前述の染色体地図とDNAマーカーを活用した育種¹により、以前は長くかかっていた品種改良が短期間で可能となっており、高温障害、塩害や病虫害等に強い品種、既存のものよりも何倍もの収量のある品種などのデータが蓄積されている。これらのデータを活用することにより、世界各地で、温暖化による気象条件の変化に対応した品種への移行がスムーズに行われるようになっている。

4 暮らしながら健康管理

<ベッドが大活躍>

ミキの父シュンが朝目覚めると、ベッドから天井に向かって投影されたグラフと数字が目飛び込んできた。彼が寝ている間の血圧、心拍数などだ。呼気から分析した糖尿病リスクなども、安定した数字で一安心だ。額にシートを貼って測定した睡眠状態も「良好」である。シュンが快適に眠れるようベッドが寝返りや体位を調整してくれているお陰だ。マサシは自分好みの車を注文したが、シュンはこのベッドを自分好みのデザイン、重視したい健康管理に合わせて作っても

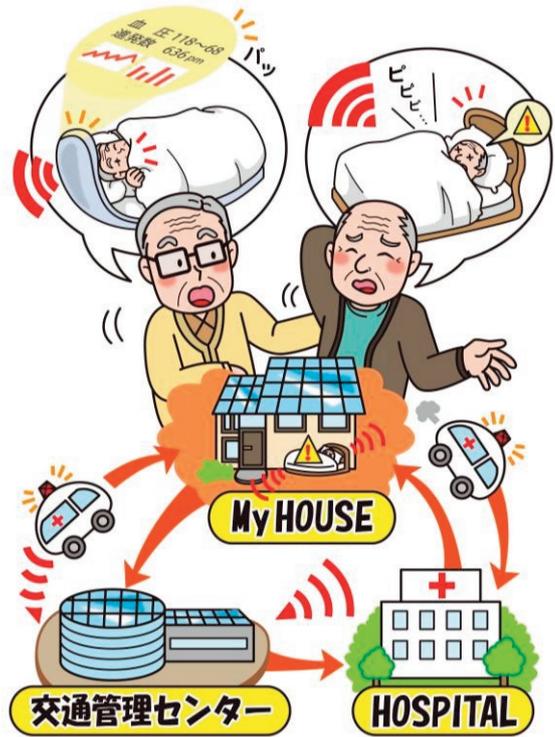
1 重要な形質に関わる遺伝子を目印にして、簡便に目的の品質等を持つ系統を選抜する育種方法。公益財団法人国際科学技術財団Japan Prize News No.55 (Jan.2016)

らった。購入後もいろいろなソフトをインストールして、寝心地や測定機能などを試している。

先日、高校の同窓会で再会した友人が、半年ほど前、夜中に救急車で病院に搬送されたという話をしていた。一人暮らしで高齢となったこともあり、センサ付きのベッドを購入した矢先のことだった。友人は、就寝中に脳梗塞を起こし意識がなかったが、ベッドが感知したデータは、瞬時に交通管理センター（「1」品物と快適なサービスを手に入れる」参照）の救急部門に通報された。センターの人工知能は、彼が緊急搬送の優先度が高いと判断し、一番近くにいた救急車に、彼の自宅までの最適ルートと、地域の救急病院の状況を分析して決めた搬送先を指示した。

友人はあらかじめ、緊急車両到着時には一時的に玄関ロックを解除する権利を消防隊員に与えるように設定していたため、搬送もスムーズだったらしい。彼は、薬剤で血栓を溶かす治療により、全く後遺症を残すことなく快復していた。この治療方法を医師が迷わず選択できたのは、彼のデータが搬送予定の病院にも共有され、発症時間が明確だったためだ¹。

また、ウェアラブル機器等で測定した様々なデータを病院に送って健康状態を監視してもらうことができるため、短期間で退院することができ、通院の必要もないそうだ。



<家族の健康を支える科学技術>

他にも、ゲンナイが家族の居場所を各々の適温に調整してくれたり、お風呂にお湯を張る間に脱衣所の温度を調整してくれたりすることにより、血圧急上昇や心筋梗塞などのリスクが低減されている。また、トイレが感知した排泄物中の成分、お掃除ロボットが吸い取ったゴミや洗濯機の洗浄水に含まれるアレルゲン、ベッドやウェアラブル機器が計測したデータなど、様々な情報が個人情報保護活用センターに蓄積される。個人情報保護活用センターは、大量に収集された個人に関する情報を、特定の個人に結び付かない形に加工処理して様々なサービス向けに提供する機関だ（第2章第2節参照）。

病気を発症した患者のこうしたデータを解析することにより、現在では様々な疾患について、健康な状態から発症に移る直前の生体現象が解明されており、的確な診断や先制治療が可能となっている。認知症も、発症のメカニズムが解明され、効果的な新薬が開発されたことで、症状の進行を大幅に遅らせたり、場合によっては発症そのものを防いだりすることも不可能ではなくなっている。

ベッドやウェアラブル機器は、病気の兆しかどうか医師による診断が必要と判断すると、データを病院に送信する。先日、シュンのところにも、医師から、最近やや血圧が高いとして、食習慣の改善や運動を促す行動計画が届けられた。増田家のゲンナイにもこの計画は共有されており、

¹ 国立循環器病研究センター循環器病情報サービス[63] 脳梗塞の新しい治療法 (<http://www.ncvc.go.jp/cvinfo/pamphlet/brain/pamph63.html>)

医師の指示を踏まえつつもおいしい料理が提案されているお陰で、血圧は落ち着いている。

このようなサービスにより、家にいながら医師による遠隔診断や治療を受けることができる。さらに、昔とは比較にならないほど多くの方が病気の重症化や慢性化から救われている。

また、ビッグデータ解析技術や人工知能等の発達により、遠隔診断や治療等の基盤が整備され、専門の医師がいない地域においても、良質な医療を安全に受け取ることができるようになってきている。

ちなみにマサシも、ウェアラブル機器を活用して運動不足解消や食生活の改善に努めている。いかに機械の助けがあっても健康管理を継続するのは難しいものだが、彼は、自分の行動データが保険会社に送信され、医療保険料が安くなることを楽しみに励んでいる。

シュンは、科学技術の進展が医療費や介護費の低減に随分貢献していると感じている。

<自分の持ち場で能力を発揮>

シュンは若い頃、日本料理屋で働いていた。科学技術のお陰で通院や治療に時間を割く必要もなく、まだまだ働きたいという思いから、知人と共にそば打ち、七草がゆなど日本の伝統的な食文化を伝える市民講座の講師をしている。小学校などでの出前餅つき大会は人気で、かまどでの餅米炊きから教えている。顔見知りになった子供たちと挨拶を交わすのも散歩のときの楽しみの一つだ。

講座の予定は交通管理センターに登録しており、今日もタイミング良く二人乗りの小型電気自動車が自宅に迎えに来た。知人も既に乗っている。家族そろっての遠出にはマサシの愛車もいいが、小型自動車はよりエネルギー消費量も少なく、地域での移動の足には最適で、シュンはとても気に入っている。

5 施設での日々の楽しみ

<家族やロボットとともに楽しむ>

マサシの母チエは、90歳近くなるまで大きな病気にかかることなく過ごしてきた。しかし、2年ほど前転倒してけがをしたことが原因で、ベッドから起き上がりトイレに行くにも介助が必要となった。兄夫婦は二人とも働いており、自宅にいる時間が不規則で介護できる時間も限られているため、チエは機能回復の目的も兼ねて近所の介護施設に入居している。

家族と別々に暮らしていても、息子や孫たちを相手にいつでもおしゃべりを楽しめる。チエの室内には、マサシの家の居間の様子が映し出され、セオのはしゃぐ声も聞こえてくる。自分もそこに一緒にいるかのようである。

チエはまた、施設でのイベントを楽しむ時間が大好きである。施設にいるエンターテイナーはロボットで、カラオケ大会での絶妙な司会やマジックショー、ボール遊びやおしゃべりの相手など、日々、入居者を楽しませている。病気になる直前の生態現象の解明等により、昔より認知症やうつ病などの診断・治療技術は向上しているが、こうしたロボットの活躍によって病気が予防されていることも多そうだ。