

【ロボットの顔】

石黒 浩 先生 講演

大阪大学大学院 工学研究科 知能・機能創成工学専攻 教授

ATR知能ロボティクス研究所 客員室長



ロボットの見かけ

今日は私の考えるロボットとはどういうものか、なぜ自分そっくりのロボットを作ったのか、という話をさせていただきます。

工場で働くロボットは速く正確に動くことが重要ですが、日常生活の中で働くロボットは、人間がそのロボットを見てどう思うかが非常に重要になります。ですからロボットの顔を作るときに顔や外見には、非常にこだわり、悩んでいます。

今までのロボットの研究は、動かす研究はたくさんありましたが、外見をどう作るかという研究はほとんどありませんでした。そのため最初は買って来た部品を寄せ集めたようなロボットを作ったわけです。その後三菱重工が同じようなコンセプトで、もう少しきれいなデザインでロボットを作りました。

硬いロボットは危険で日常生活で使えないので、軟らかいことが絶対条件です。皮膚の軟らかいロボットを作ろうと、皮膚の研究をすると同時に、軟らかい皮膚の形はどうすればいいかも問題にして、アンドロイドを作るようになりました。

他人のアンドロイドを作るより、自分のアンドロイドを作ったほうがいろいろと心理的な面もわかるだろうと考え、自分のコピーを作ったのです。写真だと分かりにくいですが、右がロボット、左が私です。アンドロイドのほうが話しやすいと専らの評判です。

今ご紹介したロボットはごく一部で、過去にもう数体ロボットを作ってきました。アンドロイドの研究をする前は、買って来たカメラ2個をドラム缶の上に乗せたようなロボットらしいロボットを作りました。このとき既にデザインや見かけによってずいぶん人の反応が違うことがわかっていました。顔はロボットにとっても重要な要素で、どんなデザインにしても、周りが満足しません。特に技術者はこだわります。私が適当なデザインで顔を付けると、次の日には必ず引き剥がされています。

一旦作ったデザインに慣れてしまうと、そこからなかなか離れられないという不思議な感覚があり



ます。開発にはかなり時間がかかるので、技術者はこれに慣れてしまっ
て、ある種の愛着を持ち始めているので、適当なデザインの顔が付
けられることに満足しないのだらうと思います。

その後作ったロボットは、なんとか軟らかい皮膚を入れましたが、ボ
ンキッキに出てくるガチャピンみたいになってしまいました。

この写真はデザイナーの喜多氏がデザインされた三菱重工の w aka
maruです。視線をどうやって動かすか非常に難しい問題になるので、
残念ながら視線がありません。われわれの場合は商品を作っているわ
けではなく研究でロボットを作っているの、むしろ視線があったほ
うが面白いと考えています。ベースに無理やり2個カメラを付けると、
なんとなく鼻が付けたくなって鼻を付けました。この鼻は評判が良くて
みんな触りに来るので、鼻がいいインターフェースになったりします。

あまり見かけにこだわってこなかった日本のロボット研究に比べ、韓
国のロボット研究はさほど盛んではなかったのにもかかわらず、昨今
はデザイン先行で、いろいろなバリエーションのものを作っています。ロ
ボット研究もこういう裸のメカが見える研究から、やっとなんかきれいな
デザインのロボットになってきました。

ロボットの顔の変化



下の列は、私が作ってきたアン
ドロイドです。最初に自分の子供
似のアンドロイドを作ったときに、
結構クオリティの高いコピーがで
きました。子どもは性別に悩む必
要はなかったので、ある意味抵抗
なく子どもの顔を作れたのですが、
その後大人を作るとき、男にするか
女にするか非常に悩んで、原島先
生の顔学会のホームページにあ

るような中性的な平均顔を参考に造形を起こして、男にも女にも見える
ような顔にしました。

その後、愛知万博でどれだけ本人に近づけられるかというチャレン
ジをして作ったのが、NHKの藤井彩子さんのロボットです。写真に撮
って改めて見るとあまり似ていない気がしますが、かなり似ていると評
判でした。藤井彩子さんの顔は万博までという約束だったので、その
後は顔を変えました。でも主に変えた部分はかつらと目の形なんです。
他は概ね同じですが、もう藤井彩子さんだと言う人は誰一人いません。
低予算で顔が変えられて良かったのですが、目の輪郭が少し変わる
だけでまったく別人になることに、驚きました。

最後は私の顔です。私の顔にしたのが研究として良い面と悪い面

両方ありました。技術的にはいろいろな意味で私の顔にして良かったのですが、そもそも私が人に怖がられていて、外国人も含めて私に話しかける人はほとんどいないので、その点でなかなか心理実験がやりにくい。もう少し普通の、たとえば原島先生のような顔を作らせてもらったほうが良かったなと思っています。

このようにロボットの顔については、この10年間ぐらい毎年ロボットを作る上で常に問題となっています。

ロボットの未来

これからのロボットについて少し話をさせていただきます。将来は駅で道案内をしたり荷物を運ぶような簡単なサービスに人型ロボットが現実に使われるようになると、私は思っています。例えば、自動販売機等の機器が苦手なお年寄りや子どもでも、人には話しかけることはできませんから、話しかけやすい対象として人間型ロボットが役に立つだろうと思います。もちろん運ぶだけなら人間型をしている必要はありませんが、人間の脳は人を認識するためにチューンナップされています。人は関わる対象を常に擬人化していて、人間らしいものに興味を持つように出来ているのです。人間にとっていちばん自然なインターフェースは人間型ロボットやアンドロイドになると思います。難しい対話ではできませんが、簡単な情報提供サービスの分野では、こういうロボットが働く日は近いと思っています。

実際に総務省のネットワークロボットというフォーラムでは、まださほど進んだ実証実験ではありませんが、駅でこういうコミュニケーション支援型のロボットがどう使えるのかという研究が進められています。

私が作りたいロボットというのは、まさにメディアです。メディアというのは人と関わるデバイスです。たとえばパソコンも携帯電話もメディアです。インターネットで世の中がずいぶん変わって情報化社会になりましたが、その情報化社会と人をつなぐさまざまな道具がメディアだと思っています。

その道具の一つに、人間型のロボットがなるわけです。携帯電話のあんな小さなキーボードでよくメールが打てるものだと感心しますが、コンピューターも携帯電話も少なくとも誰でも使えるようなものではない。誰でも情報交換できるようなメディアとしてのロボットを作りたいと思っています。

インターネットが均一な情報を大量に配信して、世界中の人が同じ情報を共有する技術をグローバルイゼーションとすれば、個人に適應して個人との間で情報を入出力しやすくする技術が、ローカライゼーションの技術だといわれます。

今は主にコンピューターネットワークの恩恵に与っていますが、パソコンをマニアがいろいろ使っていた時代から、誰もがパソコンがないとどうにもならない今の状態になるまでに10年ぐらい、パソコンが広く普及してからは、たぶん3、4年ぐらいしか経っていません。こんなにパソコンが普及する社会を、誰も予測しなかったわけです。

ロボットも似たようなものではないかと思えます。いろいろな可能性があって誰もが期待するけれど、何に使っていいかわからない。しかしメールやウェブなど、非常に便利なアプリケーションができてパソコンが普及したように、そのうちにロボットも、アプリケーション次第では急激に普及する時代が来るかもしれません。

そういう問題意識で、工場や特殊な環境で動くロボットではなくて、人と関わるロボットを作ろうと、1998年ぐらいからATR知能ロボティクス研究所で作ってきたロボットが、このコミュニケーションロボット「Robovie」です。当時でも可能な技術を全部導入して自律的に動く人間型のロボットを作ることができたのです。子どもは喜んで遊んで、この実験を終わった後にはいっしょに帰るんだと言って泣いたぐらい、ちゃんと感情移入もできるようなレベルのロボットになりました。

いろいろな人にこのロボットと関わってもらおうと、やはり見かけというのが、人のロボットに対する印象に影響を与えることがわかりました。当時ロボットの研究者は見かけやデザインの問題はほとんど研究せず、全てデザイナー任せでした。

これでも十分人間は擬人化できるのですが、人間そっくりのロボットがいたら、たぶんものすごく受ける印象は違うでしょう。だから見かけの問題はロボットを動かす問題と同じくらい重要で、人と関わるロボットを作るとき、見かけの問題をやらないと、やるべき研究の半分ぐらいしていない

ような気がしました。それでこのロボットが4歳の自分の娘とちょうど同じサイズだったので、この時しかない、娘のコピーを作ったのが、この研究を始めたきっかけです。

アンドロイドを作る

まずどうやって人間そっくりのロボットを作るか、お話ししたいと思います。ヒューマノイドは人間型ですから、人間の形、手があって脚があったらだいたいヒューマノイドといいます。人間に酷似したものをアン

人と関わるロボットにおいて重要な問題 見かけと動き(ロボットはどれくらい人に似るべきか?)



- ・人と関わるロボットにおいて、見かけと動きのどちらが大事なのか?
- ・ロボットの理想的なデザインとは?

ドロイドと呼ぶようにしています。

これはシリコンの皮膚できています。シリコンの素材もいろいろ工夫が必要です。よく伸び縮みしないといけないし、一方で耐久性も必要です。一度作ったロボットが数ヵ月で使えなくなってしまうのは困るので、2、3年もつような素材を使って、どこまで人間に近づけられるかというチャレンジをしてき

ました。大学の研究室だけではできないので、「株 ココロ」という、博物館の恐竜や人型の模型を作っている有名な会社と一っしょに取り組んできました。

実際に作ってみると、ある程度頭蓋骨の形は復元しないとイケませんし、人間について計測すべき部分がいっぱいありました。面白かったのは、こういうものをまず外見から制約しながら設計を起こしていくと、ちょうど皮を剥いた後がハリウwoodsの映画のようになりました。このときはまだ体にはアクチュエーターというかモーターは入っていません。頭だけです。

そのときに、皮膚のセンサも一っしょに作りました。皮膚には当然感覚が必要です。人間の皮膚は単に柔らかいだけでなく、触られたときにどう触られたかがわかる、非常に敏感な皮膚を持っているので、ピエゾというセンサをシリコンでサンドイッチにするようなかたちで作っています。

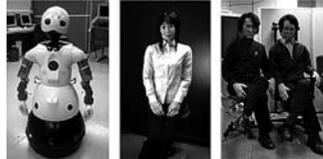
そうして出来上がったロボットは、盲人の方に「こんなに安心して触れるロボットは今までなかった」と言われて、たいへん感動しました。

ここで言いたいのは、皮膚というのが視覚と同じぐらい複雑な情報を持っているということです。おとながロボットに抱きついたときのセンサの出力を、センサ番号・時間・出力量を軸にして見てみると、皮膚というのは単にオン・オフではなく、たくさんの複雑な情報を生み出していることがわかります。これは皮膚だけで人の姿勢がどうなっているかを推定するロボットです。カメラが付いていますがカメラは使っていません。この距離でカメラを使っても、体の一部分だけが見えて、人の全体像を捉えることはできないわけです。

このロボットは、触られたその手の方向などから、おそらくこういうふう立っているだろうとその人の姿勢を推定して、人の顔を見てから視覚を使います。つまり人との距離が短いところでは、こういう皮膚感覚が非常に重要だということです。

ジェミノイド(Geminoid)の定義

ヒューマノイド(Humanoid) = 人間型ロボット、手足を持つ。
 アンドロイド(Android) = 人間酷似型ロボット、人間に酷似した見かけと動作を持つロボット。
 ジェミノイド(Geminoid) = 遠隔操作型実在人間アンドロイド。アンドロイドと本人は何らかの形でつながっている。



ヒューマノイド アンドロイド ジェミノイド

ロボットの皮膚開発が今どういうレベルに来ているかというと、センサ自身は小さいのですが、このベースになっている半透明のシリコンの板は伸び縮みができて、200%ぐらい伸びます。その中の配線も伸びます。簡単に言えば、コンピューターの中を開けたら出てくるあの硬いプリント基板を、全部シリコンで作っているのと同じです。こういうものができると、非常に高感度なセンサを持った人間に近い、軟らかい皮膚ができるようになるので、いちおう試作はできたというところまでできています。

これでまず人間らしい姿形を作るといふ部分の話は終わりですが、人間らしい姿形はできても、実際に動かしてみるとすごく不気味です。

問題は、体の動かす部分にアクチュエーターが入っていないので、眠いという動作ぐらいは自然でいいのですが、うなずくとゾンビみたいになってしまいます。アクチュエーターはモーターと同じです。

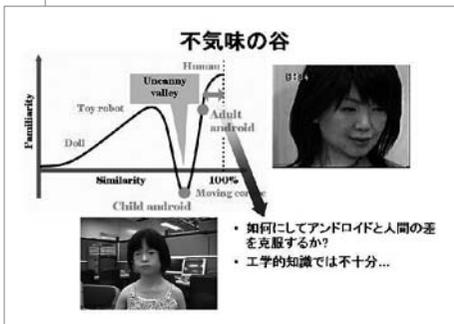
実際に子どもに見せると怖がって、「もうパパの学校には行かない」と言われました。他の子ども

子供アンドロイドの不気味な振る舞い



も同じです。自分のコピーだから嫌がっているわけではなく、このように少し人間から離れたものに対して子どもはすごく敏感です。年を取るとだんだん許容範囲が広がって何でもよくなりますが、3、4歳の子どもが人間らしさに非常に敏感なのは驚きます。

これはコンセプトチャルでありませんが、横軸は簡単なロボットから限りなく人間に近いロボットです。ロボットがだんだん複雑になると印象もよくなりますが、ロボットが非常に人間に近づいた、その少し手前でちょっと人間と違うところがあるところが、たいへん悪い印象を持たれてしまう。「不気味の谷」



といわれるものだろうと思います。たぶんうちの子どものアンドロイドは、この不気味の谷のどん底にいて、動く死体のように見えているわけですね。

これは父親としてはなんとかしないといけないのですが、簡単な解

決策は顔の表情なども含めて、人間のような動作と知覚を作れば、より人間らしいものになるだろうということです。

それで子どもの体では小さいので、いろいろな理由からNHKの藤井さんにモデルになっていただいて、大人のアンドロイドを作りました。体には、普通のロボットの数倍の、たくさんのアクチュエーターを入れます。普通のロボットはロボットらしくしか動かないのですが、アンドロイドの場合はある程度人間の筋肉の動きや骨格の構造を真似しないといけないので、たくさんの数のアクチュエーターが必要です。

大事なのは、動いていないと一瞬にして人間ではないとわかってしまうことです。これが少しでも動くと、今度はまた極端に人間らしくなります。今日ご講演された他の先生方の話は動かない顔の話ですが、こういうロボットを作ると、顔の動き方もまた研究の材料になるのではないかと思います。

内部のメカニズムは結構ターミネーターに近いです。上半身を30から40本のエアシリンダーで動かしています。私のアンドロイドは脚も動きますが、これは脚は動きません。モーターを使うと、モーターのギー音体がから鳴って不気味ですから、音のしないエアシリンダーを使います。

次に表情はどう作るかです。このアンドロイドはしゃべりますから、しゃべったときの唇の動きが非常に大事です。実際にしゃべらせてみてわかったのは、英語と日本語では、英語のほうが遥かに楽です。他の研究者も同意見ですが、英語は舌をよく使うので、単純な口の開け閉めでも、唇の動きと声が入っているような気がします。日本語は口の形がよりシビアに関係します。この周りにはアクチュエーターが4つ入っています。

顔だけで17アクチュエーターを入れています。特にこの目の動きは、「(株)ココロ」がずっとノウハウを積み重ねてきた結果ですが、かなりよくできていると思います。人間は顔、特に目の動きや口のあたりに敏感なので、多少大きな動作は犠牲にしても不自然ではないように作ると、このあたりは特に慎重に調整しています。

メカができれば、今度は体全体をどう自然に動かすかです。無意識の動作ということも考えなければいけません。皆さんは座っているときも絶対に止まっていません。止まっていたら死んでいるかロボットかどうかですから、すぐにわかります。人はその自然な動きに非常に敏感です。顔の表情も完全に止まったら、すぐにそれが人間であるかないか、区別が付くと思います。

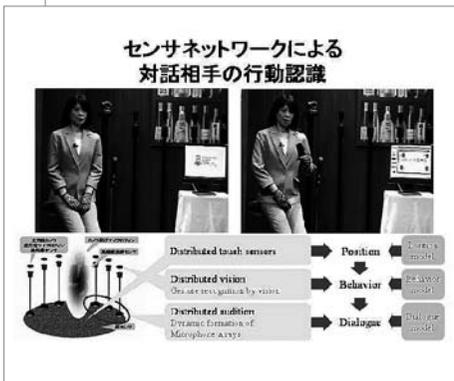
これは実際の妻と、ロボットを比べた映像です。妻のほうが人間らしい。ロボットのほうは、脳外科の先生に見せるとごちなくて脳障害の

ようだと言われました。ただ、一旦動かしてみるとすごく人間らしくなる。しばらく観察すると、僕らでもどこがおかしいのはわかるけれど、なぜおかしいかはよくわからない。もう専門家の力を借りないとわからない。要するにロボット屋が今までの技術の延長でロボットを作るだけでは、もうこの先へ進めないわけです。

同じことが、反応する動作にも言えます。ロボットは先ほどの皮膚センサを持っていれば、非常に敏感に反応することができます。気配だけでも感じるすることができます。皮膚センサ感度を上げると、人間の静電気に反応するので、1センチぐらい近づいただけでひゅっと反応します。びっくりするぐらい人間らしく振舞うことはできます。ただ、人間は何回か叩かれたらそのうち怒り出しますが、ロボットは怒り出さないで、実際に何度もこの動作も繰り返してしまいます。

ですから人間がいかに複雑かということです。どんなに頑張っても人間に近づけようとしても、やはり人間とは違う何かが見えてしまう。それが非常に深いところで見えてくるので、人間に近づけることが果てしない距離のように感じます。

ロボットの技術がいくら進んでも、ロボットの目の中にカメラを入れたり耳にマイクを入れたりでは、やはり画像処理や音声認識の限界がすぐに来てしまいます。いちばん良いのは、周りにセンサやカメラをたくさん並べることで、たとえば人がどこにいるのか、ロボットのセンサで見ると、床をセンサにしてしまったほうが早いわけです。



これからのロボットは全部こうなると思います。今のロボットもそうですが、人間が外部からの助けなしに生きていけないのと同じで、ロボットも外部からの助けなしには生きていけません。わからないことがあれば周りに聞かないといけません。ロボットは、ユビキタスやセンサネットワークの技術と共に研究開発されていくのが、自然な流れだと思います。

つまりロボットがいきなり単体で街を歩いて勝手にしゃべるといった時代がすぐに来るわけではなく、街中に備え付けたセンサやカメラと連動してロボットは動くのです。

非常に狭い範囲ですが、人が来たら、どこに人がいてその人が何をしゃべったかがわかり、一通り動かすことができたので、万博で展示しまし

た。先に作った子供アンドロイドを見せるとみんなすごく嫌がりますが、最新技術で作ったアンドロイドは子どもに見せてももう怖がりません。

もちろん見ていれば人間と違うとすぐにわかるし、なんとなく変な感じはしますが、少なくとも子供アンドロイドのような不気味感はありません。しかしやればやるほどロボットの研究は、いかに人間が複雑かを思い知らされることとなります。

認知科学とロボット工学の融合

顔の問題は、たぶんコンピューターグラフィックスのテクノロジーと顔を研究されている科学の先生とが共同で研究されていると思いますが、ロボットでもまったく同じことが言えます。

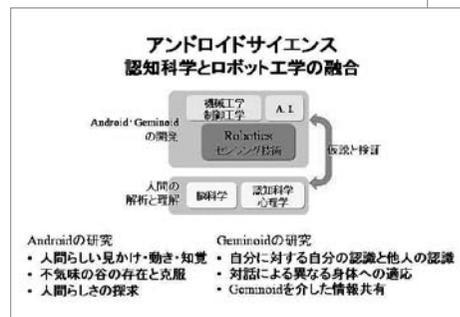
われわれもロボットをさらに良くしていくには、認知科学や心理学の知見をどんどん取り込まないといけません。逆にアンドロイドが認知科学や心理学の制御可能な人間としてのテストベッドになって仮説を検証するというように、ロボット工学も単に工学者だけの研究ではなくて、科学と工学の融合した新しい研究分野に育っていかないといけないと思っています。

認知科学からも今いろいろ面白い話がありますが、触りだけお話しします。ある実験で、被験者にアンドロイドを2秒間だけ見せたときにその人はどう思うか。見かけは人間そっくりの静止したアンドロイドを見せて、「人間でしたか、人間じゃなかったですか」と聞くと、7割の人が「なんかおかしい。人間じゃなかった」と答え、逆に自然な動作を入れて見せると7割の人が「人間だった」と答えました。

これを3秒、4秒とやって、もちろん時間が長くなればアンドロイドに気がつく人は増えますが、いかに無意識の動作が大事かということと、アンドロイドの技術のクオリティを示している実験結果だと思っています。

この実験で興味深かったことは、30歳以上の人よりも20歳の人のほうが多く気が付いたことです。エピソードですが、90歳ぐらいのお年寄りでは、アンドロイドの目の前に立って「アンドロイドはどこですか」と聞くほどです。

話は変わって、人間は無意識に視線を動かしますが、人間のアンドロイドに対する無意識の認識はどうであるか。人間が人間を見るとき目の動きと、よくできたアンドロイドを見るとき動きはほとんどいっ



しょうですが、ロボットを見るときはかなり違います。要するにこのアンドロイドは人間そのものを十分に表していると言えるかなと思います。

ところが問題は、いくら人間らしい見かけと動きと知覚を作り出しても、それは非常に限られたものです。普通に1時間話して、アンドロイドだと気づかないというようなことにはなりません。脳の部分は人間とはまったく違いますから、人間と1時間ちゃんと対話できるロボットは、今の技術では無理です。結論は、遠隔操作にするしかありません。要するにある程度は自動化しても、どうしても克服できない人間の脳とコンピューターの差は、遠隔操作でごまかすしかないということで、遠隔操作のシステムを作りました。

そのときに自分をモデルに自分が遠隔操作できるロボットを作れば、わざわざ遠くへ出かけていなくてもすみます。これからのロボットは、ほとんどこういう遠隔操作機能を備えたものになると思います。人とやり取りするロボットは、ある程度のことはできて、ほんとにややこしいことには対応できません。でも、1人のオペレーターが10台ぐらいのロボットの面倒を見れるなら十分に立ちます。おそらく現実的な解として、当分10年、20年の間はそういうロボットが、人と関わるロボットになるだろうと思います。

私のアンドロイドは、女の人の人より手足が太いのでたくさんアクチュエーターを埋められます。50本アクチュエーターを埋め込んで、脚も動くようにしています。脚がピクピク動くと、非常にリアリティが強くなります。

これは遠隔操作して実際に話している様子です。唇の動きを捉える装置を使って、ナマの声と唇の動き、それから右に向く、左に向くという簡単なコマンドを送っています。技術的には送る情報はいろいろ変えられますが、どこが難しいかというと、長い間しゃべることが難しく、声はそのまま送ったほうがいいですね。

実際にはインターネット越しの操作なので時間の遅れが出ますが、アンドロイドとしゃべる人は、5分ぐらいで慣れます。最初この人は私がモニターしている2つのカメラを見ているが、しばらくすると普通にアンドロイドの顔を見るようになりました。

このアンドロイドは今のところあまり動きません。可能性としてはもっと動かせますが、私もこのモニターをずっと見て動かしているのと、

インターネット用いた遠隔操作システム



- 唇の動きをとらえるモーションキャプチャシステム
- GUIによる動作の選択(6つの動作から1つを選ぶ)

アンドロイドに制約されて自分の体がこわばり、非常に奇妙な感覚になります。要するに対話という非常に強いコンテキストに互いに引き込まれてしまうと、見かけはこの程度で十分かなと思います。

自分の最初のコピーを作ったときの気持ちはというと、これは鏡みたいなものでした。ただ、鏡は視線をはずせば自分の嫌な顔を見なくて済みますが、自分そっくりのアンドロイドはずっとそこにいて、しかも見たくない後頭部まで見えてしまうので、大変気分が悪かったです。

アンドロイドの動きは、スタッフや学生が私をビデオに撮って、モーションキャプチャーを付けてそのデータを取りながら動きを再現します。みんな僕にそっくりだと笑うのですが、私だけはそう思わない。鏡の前で1日中自分がどう動かなんて見たこともないし、自分の癖もよくわかっていないわけです。自分がこうだと思っている自分と、他人が見る自分はずいぶん違うなと驚きました。

アンドロイドは少し動かすのにもプログラム開発が大変なので、今のところまだ制約がありますが、私がアンドロイドの真似をしますと、そっくりになります。ある範囲である動作に限定すると、すごく似ているところが出てきます。

アンドロイドとの会議は実際にできます。いっしょに研究している東大の開先生と30～40分、このアンドロイドを使ってどんな研究をするか話をしましたが、みんな自然にこの状況に慣れて普通に話ことができました。

論文チェックまでできるかなと思ったのですが、私が論文を見ながら操作することはできないので、それは無理でした。

アンドロイドを使った対話は、非常に強く引き込まれます。どれくらい強いかというと、対話相手がアンドロイドをいじくり回すことがありますが、これが操作する側にとってはたいへん屈辱的です。他の人のアンドロイドでも同じ感覚が出ます。

相手が遠慮なくツンツン突くと、その触覚の情報が私に送り返されていなくても、私はモニターを覗ながら操作しているだけで、やはり触られている感じがしてとても嫌です。

逆にきれいな秘書さんが触ると、互いにドキドキします。それはちゃんと話をしてこの状況に引き込まれ、互いに適応した場合です。学生にコントロールさせれば、自分と自分でも話ができます。人格がミックスさ

ジェミノイドを用いた研究ミーティング



- ・自分も参加者も5分程度でジェミノイドを用いた対話に適應できる。
対話による強い引き込み

れて、半分自分の奴と話しているわけです。

まとめですが、アンドロイドの開発は、人間らしい見かけ、動き、知覚、それから不気味の谷と、人間らしさの研究でした。ジェミニノイド(遠隔操作型実在人間アンドロイド)になって、自分に対する自分の認識と他人の認識はどう違うのか、対話によって異なる身体へ適応できるのかと、単なる人間らしさから人間の存在へと問題が変わってきたかなと思います。

今までロボットの題材になかったわけですが、自分型のアンドロイドができる時代になると、心と体が分離可能なものになり、たとえば自分の存在とは何か、人の権威とは何か自我とは何かといった問題に取り組む題材に、ロボットがなりうるのではないかと思います。科学的にこの点が新たな研究分野になっていく可能性があると思います。

ここまで一般的なロボットからジェミニノイドに至るまで、ロボット研究の現状を話してきましたが、顔というのは重要な要素であるということがおわかり頂けたと思います。

女性アンドロイド Rep lieeQ2は大阪大学と(株)ココロの共同研究で開発されました。

石黒氏のコピーである Gem inoid H I-1はATR知能ロボティクス研究所で開発されました。