

2.3.3 上記調査に基づく技術やノウハウ等の定性／定量比較

「2.2.1 既存技術や最新技術に関する調査」「2.2.2 閉鎖滞在実験施設、及び極地滞在オペレーション等に関する現地調査」の結果として得られた閉鎖居住実験内容や運用オペレーション、計測機器、倫理に関する問題点や課題を定性／定量比較し分析を行った。

(1) 閉鎖隔離環境の整理

① 閉鎖空間・環境

閉鎖空間の大きさに関して、ミッションにおける滞在期間が長くなるほど床面積が増大する傾向にあり、2か月を超えるような長期ミッションになると100m²を超えるような床面積となっている。空間容積に関しても、300m³を超える大きさが、同様に長期ミッションの目安となっている。

閉鎖空間内から外部の景色を見ることができるよう窓に関して、ICEでは外界からの影響を極力少なくしつつも数か所の窓が設置されている。一方、ICCでは室内であるために基本的には窓は存在しておらず、長期ミッションを行うような施設においては、植物栽培モジュール（CEEF、月宮1号）や模擬火星地表面モジュール（Mars500）が設置されている等、仮想的に外部を感じられるような空間が併設されている。

空間内の環境は、基本的に全ての施設において温度・湿度がクルーにとって過ごしやすいようコントロールされており、外部の気候の厳しいICEにおいても非常に快適に生活ができる環境となっている。

② 設備・センサー

設備面において、水に関しては、多くの施設が1日当たり100L程度の水を消費することを想定した貯水量を確保しているが、食物栽培を行っている施設（CEEF、月宮1号、Biosphere2）に関しては、より大きなタンク容量とするか、飲料水とは別系統の水供給資源を確保するなどの対応を行っている。発電容量または電力使用量等はあまりデータが存在していないが、電力が重要なエネルギーソースとなっている施設が多く、電力の枯渇がミッションの停止を招くようなクリティカルな状況を作らないためにも、多くの施設が使用量の制限などは設けていないと考えられる。

クルーの活動をサポートする外部の管制官にとって重要なカメラやセンサー等に関して、まず管制官が内部の様子を確認するためのカメラは、台数などの詳細は明確ではないものの、殆どの施設で設置されており、実験の推進やクルーの安全確認のために活用されている。温度・湿度に関しては殆どの施設で管理・確認できるが、CO₂濃度を測定し、パフォーマンスに影響が出ないようにコントロールしている施設もある。更に食物栽培を行っている施設に関しては、O₂濃度も測定し、Biosphere2に至っては1900もの様々なセンサーを設置する等、物質循環における実験データ取得のための環境が作られている。

③ チーム構成・パフォーマンス

閉鎖隔離模擬ミッションは、通常6名前後の人数で、男性と女性が大体同数になるような形で実施されているケースが多い。ミッションにおけるクルーのストレスの度合いや作業精度等のパフォーマンスを測定するために、専用のテストやアンケートなどを実施してパフォーマンスを検証しているミッションにおいては、同様にチームとしての特性を調査するためにグループダイナミクスの検証も併せて実施している。

一方、重大な事故やミッション中止にまで発展するケースは少ないものの、多くのミッションで対人トラブルが発生している。とりわけミッションが長期になるほど、一度生まれた溝を修復することは難しいようで、最長のミッションを実施したBiosphere2では、2度のミッションのいずれも対人トラブルが発生し、ミッション中止を検討する程、最後まで問題が解決することはなかった。

また意図的に事故を発生させてクルーの反応を確認するようなミッションもあり、いずれのミッションも将来的な深宇宙探査を見据えた様々な検証方法を工夫して作り上げている。

④ 食

食に関しては、いずれのミッションも非常に重要視しており、とりわけ物質循環を実験するミッションでは、健康面も含めて摂取カロリーをコントロールするなど、細かく管理している。一方で、閉鎖隔離環境における大きな楽しみの1つである食事においては、味だけでなく、見た目や香り、食感、食事をする仲間との雰囲気など、様々な要素がクルーへの心理面やパフォーマンスへの影響に繋がっていることが認識されており、クルーの食に関する日記やコメント等からもストレスの度合いや心理面での影響を読み取ることができる。植物や食物を栽培すること自体も、心理的な安定に繋がる面があるとの報告もあり、食が今後の閉鎖隔離環境における研究のキーファクターであることは、ヒアリングをした研究者を含めて一致した意見であった。

⑤ 倫理

倫理に関して、心理面も含めて人体に大きな影響を及ぼす閉鎖隔離模擬ミッションにおいては、非常に重要な検討要素となっている。クルーに対してどのような実験を行うか等、事前に確認、同意をとるインフォームドコンセントについては、基本的に全ての実験者が実施しており、倫理審査委員会を設置しているケースも多い。特に米国では非常に厳しい規程になっているようで、必ず倫理委員会を通して逐次実験内容を確認していく、という手順を踏んでいる。

実験者の立場としては、様々なクルーの活動の状態の観察や記録のために、カメラやセンサーを設置し、データを記録・蓄積していくことが重要だが、被験者の立場やプライバシーを考慮した場合、これらは極力排除したい要素であり、このせめぎ合いが常に倫理委員会においても問題となっている。

逆にアウトリーチは、実験者にとって資金獲得のための重要な活動であり、被験者にとっても大きな自己PRの場であるため、協力して活動を行っていたケース（HI-SEAS）でも、被験者のプライバシーへの影響を鑑み、後段は活動を縮小していき、最終的には被験者の自己判断に任せる形となった。

(2) 将来の閉鎖隔離実証施設の方向性

①リアリティ・没入感

日本国内で自給型の閉鎖隔離実証施設を構築するならば、ICEについては人の目に触れない広大な荒廃したエリアを確保できることが前提となる。国内では伊豆大島の裏砂漠や富士山の標高六合目より上、北海道駒ヶ岳のすそ野、石垣島の内海の海底などのエリアが対象となりうるが、そのほとんどは国立公園の管理下であったり、人員や物資運搬のアクセスの困難さから、常設の施設の構築および実証試験の運営の継続の際には大きな障害となる。自然環境の過酷さから得られる没入感・リアリティが期待できるICEのメリットは非常に大きいですが、現実的にはICCを中心に検討することが望ましい。さらに日本人の場合、細かなディテールに至るまで再現性を求める傾向にある。またNASAを中心としたいいわゆるステレオタイプの宇宙のイメージや、映画やアニメの中の描写にこだわりも強い。国外で実施する場合よりも、ディテールに対する意見や要求のハードルは高いと考えておくべきである。

②利活用・立地条件

国内での自給型ICC施設の先行事例としては、青森県の六ヶ所村にあるCEEFが挙げられるが、首都圏から離れていること、専門性の高い研究者に限定された活用が中心だったことなどから、やがて継続が困難となった。研究者や施設のポテンシャルが高いだけでは、継続した運営はやはり難しいといえる。研究だけでなく、利活用の多様性・アウトリーチも含め、一般社会からの認知・協力を得られることが期待できることも、立地条件を考える上での大事な要素となる。

③フィロソフィー

一方で活用の幅が広くなること自体が、継続を困難にするケースがある。この領域で先行している海外のThe Mars Societyでは、25年近くの歴史のなかで継続の危機があった。ユタ州の広大な砂漠エリアに専用の補給型ICEの模擬火星基地（MDRS=Mars Desert Research Station）を建設・所有し、近隣の町や住民（ハンクスビル）からの理解・協力体制も得られているが、危機の原因は利活用の

フィロソフィーの欠如である。MDRSは初期の立ち上げには成功したが、やがて宇宙開発の普遍的な課題解決・研究への関心層よりも、MDRSのイメージに便乗した挑戦者としての社会的立ち位置を獲得したい層が、利用者として集まってくるようになった。The Mars Societyも継続した運営資金を調達するためにもこの層を受け入れてきたが、やがてMDRSは火星が体験できる観光名所ようになってしまい、当初の質を維持できなくなってしまった。10年ほど前に模擬宇宙飛行士経験者がMDRSの運営責任者に入りフィロソフィーのてこ入れに献身的に係わったことや、近年の火星への社会関心の盛り上がりによる有識者の増加も影響して、現在は一時期のような危機は脱している。

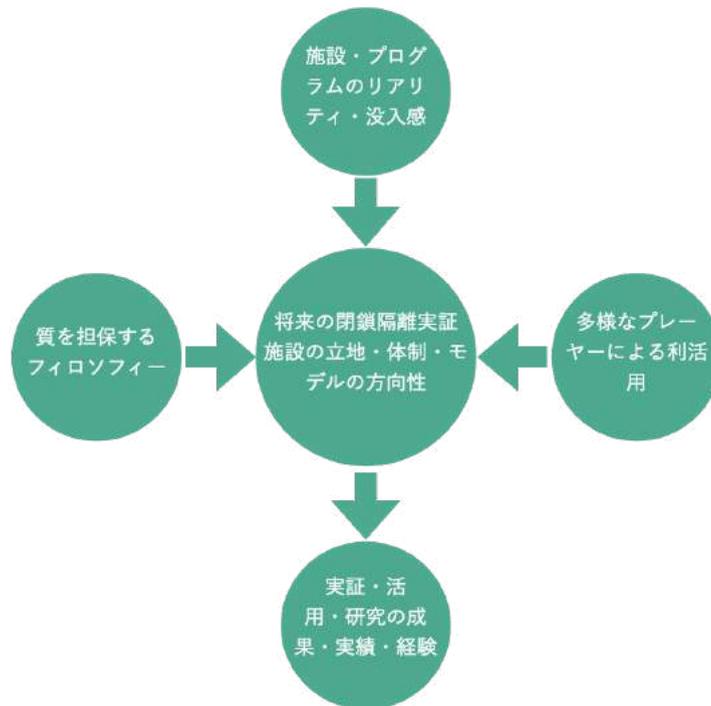


図2.3.3-1 将来の閉鎖隔離実証施設の方向性と念頭におくべき要素

閉鎖隔離施設の比較評価と目指すべき方向性							
#	環境型	サブライ型	施設実現のハードル	被験者	実証のハードル	これまでの事例	将来のターゲット
い ろ は に ほ へ と ち り ぬ る を	ICC	補給型	★★ ・補給路の確保が容易 ・安定したサイト条件を確保しやすい ・リアリティの全てを人間が演出する必要がある	経験者	失敗が表面化しない傾向 (失敗を未然に対処)	SHIRASE EXP. 閉鎖BOX IBPM HERA	近い将来に検証すべきICC
				挑戦者	失敗が表面化しない傾向 (失敗の発生を隠す)		
				無関心者	演出による予定調和になる傾向 (誘導された失敗)		
		経験者	失敗が表面化しない傾向 (フィードバックを解釈できない)	CEEFF	将来の自給型実証施設		
		挑戦者	情報発信に偏る傾向 (失敗体験を武勇伝化する)				
		無関心者	演出による予定調和になる傾向 (誘導された失敗)				
ICC	補給型	★ ・サイトが持つリアリティが運営上の助けとなる ・サイトの自然状況の偶然性に左右される ・補給路の確保上のハードル	経験者	失敗が表面化しない傾向 (模範解答的なフィードバックに限定される)	防災訓練 HI-SEAS FMARS	近い将来に検証すべきICE	
			挑戦者	情報発信に偏る傾向 (失敗体験を武勇伝化する)			
			無関心者	過敏な不安に陥る傾向 (精神的な敏感感による不安定)			
	経験者	失敗が表面化しない傾向 (フィードバックを解釈できない)	MDRS BIOSPHERE2				
	挑戦者	情報発信に偏る傾向 (失敗体験を武勇伝化する)					
	無関心者	過敏な不安に陥る傾向 (身体的な敏感感による不安定)					

※この表では、実験期間/被験者の公募・倫理/運営予算の捻出に係わるハードルの評価は除外する(実際の運営に際しては、これらは重要検討項目である)

表2.3.3-1 閉鎖隔離施設の比較評価と目指すべき方向性

(3) 全体考察

閉鎖隔離実証施設に関する文献やインターネットを介して手に入る技術やノウハウの情報は、事後に数値により形式知化された知見や、実際に採用された施設や設備のハードウェア面に関する情報がほとんどであり、そこに至るまでの試行錯誤に関する過程の経緯や、個人の勘や経験に基づく暗黙知に該当するノウハウについてはなかなか表にあがってこない。今回の調査ではHi-SEASの立ち上げや運営に実際に携わった方々や、自然災害で被災した経験者たちの生の声にも触れることができ、非常に価値のある情報を得ることができた。一方で、こうしてインタビューを受けて下さった経験者の皆さんたちから知見の深いノウハウを引き出すためには、ヒアリングを行う側の力量や経験値も大きく問われることも再認識した。

閉鎖隔離実証施設を運営していくには、施設だけではなく、立地する地域の協力者やスポンサーの存在や、社会や歴史のなかにどうシミュレーションの価値が認識されているかなど、さまざまな背景が噛み合っていないと成立・維持ができないことも本調査において示唆された。ICCとICEの違いはあるにせよ、Hi-SEASのように国外の事例で参考にしうるモデルがあったとしても、そっくりそれを日本で真似をしても根付かない可能性が高く、そのことを十分に認識した上で、過去や国外の事例に学ぶ姿勢が大切であると認識した。

2.3.4 調査で抽出された要素技術に関する閉鎖施設での基礎実証

・SPACE FOODSPHERE会員企業である東洋製罐グループホールディングス（東洋製罐HD）所有の大崎にある施設の一部を閉鎖隔離環境に準じた設備として利用し、Faの過去調査・経験を踏まえ、別途Fa及び東洋製罐HDにて研究開発・構築中のオペレーション手法（段ボール型テント組み立て作業の観察から閉鎖環境におけるチームパフォーマンスの評価を行う）を用いて予備実証を実施した。

・熊本県益城町役場と連携し、現地にて避難生活を想起させるような共通のグループワークを通して、グループダイナミクスに対し、上記のオペレーション手法を核にした、質的検証が実施可能な手法を用いて基礎実証を実施した。

(1) 基礎実証のポイント

① 映像機器を駆使した遠隔の目

宇宙飛行士たちを地上から遠隔支援する管制官は、現場にいる飛行士自身でも気づかない事故の予兆となりうる些細な変化をも、遠隔にて各種のセンサーから得られる情報を駆使して察知しなければならない。宇宙ステーションの空間内に設置される映像記録や写真カメラ・音声マイク・室内環境センサーの数々は、管制官の観察を支える重要な代理眼である。しかしながら、Faが2019年に実施した「SHIRASE.EXP」の実験運用実績等から示唆されたのは、複数あるセンサーは、事象が発生した後の確認であればその全てを見直すことも可能であるが、一時停止や巻き戻すことのできないライブ進行しているアクティビティにおいては、一度にひとつのシーケンス（シーンが幾つか集まって一つのエピソードをつくる一区分）にしか管制官は注視できない（あるいは、2.3.2(3)②c) 記載のHI-SEASの視察結果からもわかるように、研究倫理審査委員会の指示により、特別な目的が無い限りは撮影した映像を録画することができない場合は、そもそもアーカイブを見直すことができない）。同じ撮像素子を持つカメラであっても、レンズの画角や焦点距離が異なるだけでカバーできる対象の範囲や、写真から伝わってくる情報や雰囲気はそれぞれ違って来る。さらに地上の管制官はその代理眼を状況に応じて切り替えながら、現場の観察を続けなければならない。対象が置かれている状況に適したセンサーの選択とその組み合わせ・切り替えとその有効性を、制約された空間・時間・人員のなかで見極めることが基礎実証のポイントである。

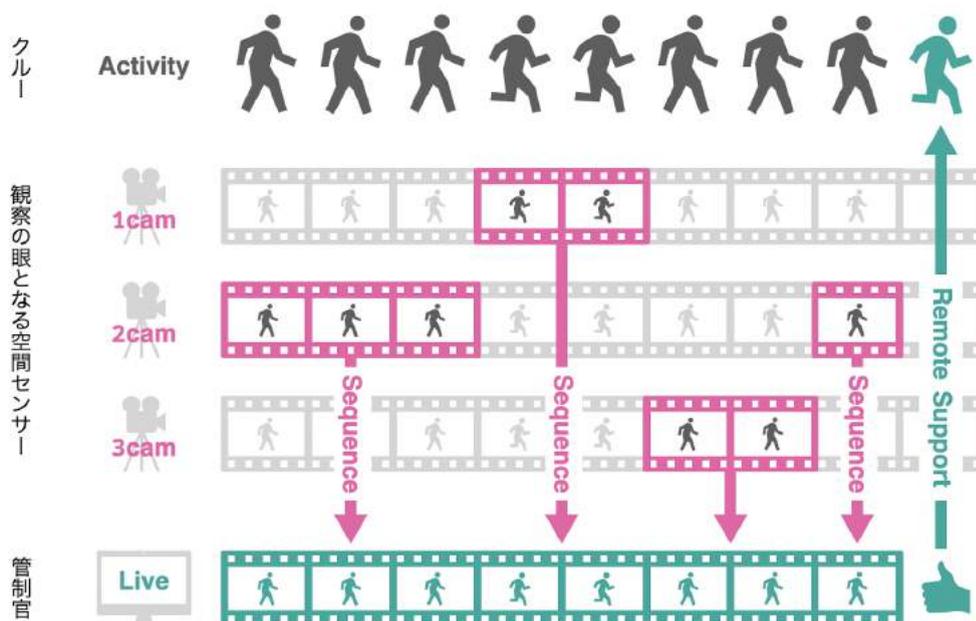


図2.3.4-1 管制官はシーケンスを継ぎながら遠隔支援を行う

(2) 基礎実証

① 閉鎖環境における予備実証

a) 概要

閉鎖隔離環境における将来的な観察システムの構築を想定し、その予備的な実証として、ある仮想的な閉鎖空間における各種カメラ、センサーの配置や、観察・分析のための基礎データとなる画像や映像、音声データなどの情報収集と、空間内における人間の動作や状況に対する有効性を検証する。

b) 実施場所

東洋製罐グループホールディングス株式会社本社（東京都品川区）に併設した研究展示施設内に設置された同社製品組み立て式ダンボールテント「DAN DAN DOME」のプロトタイプ版空間内（以降DDD）

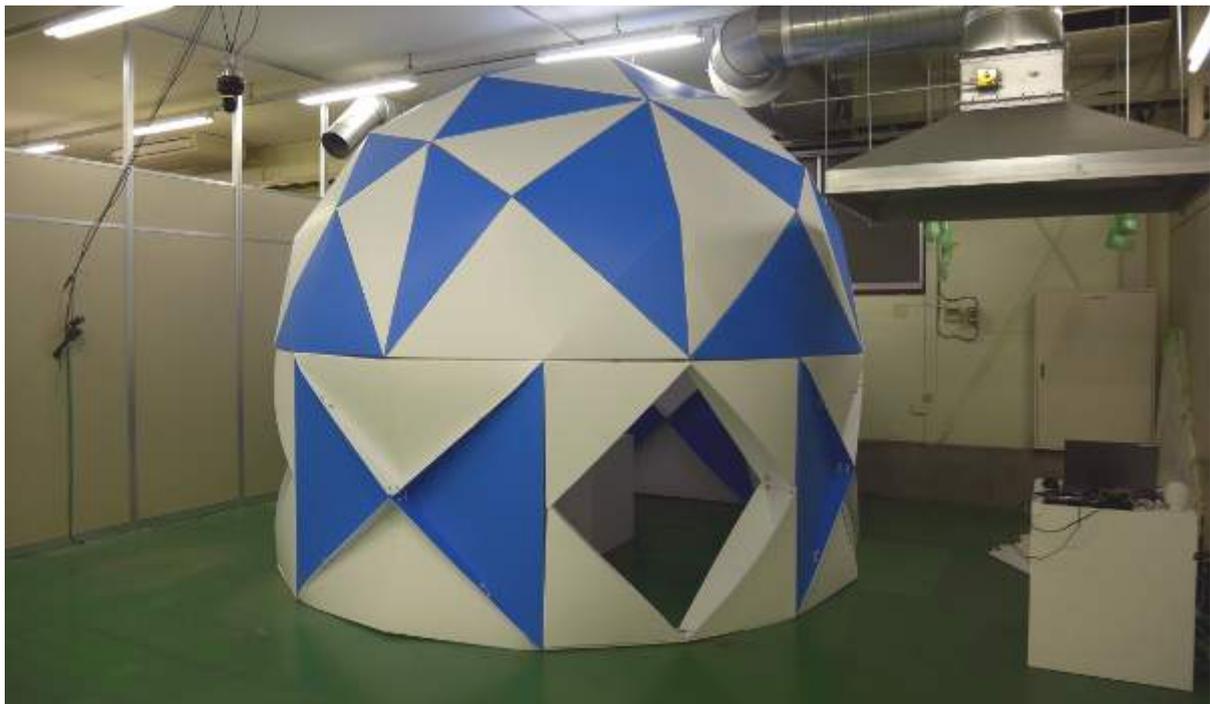


図2.3.4-2 DAN DAN DOMEプロトタイプ版

c) 対象機材

本予備実証における確認対象機材を以下に記載する。画像の記録サイズは各機材共幾つかの設定を選択できるが、本実証では基本的に最高画質となる設定を選択している。またPCでのモニタリングが必要な機材については有線LANにて接続・通信を行い、その他はメモリーカードへの記録とした。またモニタリング自体は1回で2時間程度の観察とし、その範囲におけるバッテリーおよびメモリーカード容量に問題がないことを確認した。

i. 広角小型カメラA

ii. 人追従カメラA

iii. 全休カメラA

iv. 脳波センサーA

d) 実施手法

i. カメラ機材の空間内配置の検証

DDD内空間におけるカメラ機材の配置を検討する。各カメラの画角や解像度および空間内の人間への干渉度など幾つかのパターンで配置の検討を行う。また取得した静止画像・動画画像・音声データを確認し、DDD閉鎖空間内における観察システムとしての有効性を検証する。

ii. 装着型センサー機器の検証

作業現場における装着型センサー機器の検証を行う。クルー装着タイプのセンサー機器に関して、実際の労働作業現場での装着感とセンサーの感度を確認し、センサーの反応結果について、DDD閉鎖空間内における観察システムとしての有効性を検証する。

e) 結果・考察

本予備実証における検証結果及び考察を以下に記載する。

i. 広角小型カメラA：屋根下部

表2.3.4-1 「広角小型カメラA：屋根下部」の検証結果

分類	項目	結果	考察（評価）
画像	画角	画角自体は空間全体を撮像するにはやや狭く、DDD内屋根下部に配置することで居室内の3/5程度の空間の撮像が可能である。但し、上部からの撮影となるため、人の表情などを十分に観察することにはやや難がある。	画角にもよるが、人の表情や顔色の判別など微妙な変化を捉えやすい機材と考えられる。 食卓を中心に撮影を行う場合、1台で全体を撮影することは難しいが、本機材は複数台連動した撮影が可能であり、人の表情が撮影可能な高さで、かつ2方向または4方向から撮影することで、観察システムとしてより有用な情報の取得が可能になると考えられる。
	画質	1インチセンサーを使用しており、小型カメラとしては非常に解像度の高い画像を生成している。ISO感度はAutoだが上下限を設定でき、仮に高感度の場合も、センサーサイズと相まって画質の劣化は少ない。	
音声	人の声	人の声に関しては、マスク越しではあるが、非常にクリアに録音できている。空間構造に影響される部分ではあるが、狭い空間内での音の反響も殆ど無い。	本実証のDDDプロトタイプ素材であるプラスチックと比較して、実際のDDDは段ボールであるため、音の反響に関しては同等または良くなることも予想され、観察システムに適していると考えられる。
	周囲の音	音質が良い反面、逆に空間外部の音も拾い易いと思われる。内部の機械音や雑音もやや拾い易い。	
配置	人の視線	人の視線よりかなり上部に設置されているため、ほぼその存在を感じることはない。	存在を感じられない程上部に設置することで、表情を観察しにくいなど、画角との兼ね合いで設置場所を検討する必要があると考えられる。
	周囲への溶け込み	本体色が黒一色の選択肢であるため、背景色との兼ね合いになる。	

ii. 広角小型カメラA：屋根上部

表2.3.4-2 「広角小型カメラA：屋根上部」の検証結果

分類	項目	結果	考察（評価）
画像	画角	DDD内屋根下部と比較するとより広く、居室内3/4程度の範囲の撮像が可能である。但し、より上部からの撮影となるため、人の表情などを十分に観察することには難がある。また画面奥については人が立った状態でもギリギリ頭が映るが、手前は座った状態が限界である。	屋根下部と同様。
	画質	屋根下部と同様。	
音声	人の声	屋根下部と同様。	屋根下部と同様。
	周囲の音	屋根下部と同様。	
配置	人の目線	屋根下部と同様。	屋根下部と同様。
	周囲への溶け込み	屋根下部と同様。	

iii. 人追従カメラA：食卓テーブル中央

表2.3.4-3 「人追従カメラA：食卓テーブル中央」の検証結果

分類	項目	結果	考察（評価）
画像	画角	食卓テーブルの中央から、食事の席に着いている人の顔をクリアに移すことができる。自動首振り機能もあるため、どの席に対しても正面からの画像を取得できる。	自動での首振り撮影機能は運用者を大いに助け得る機能と考えられるが、状況に応じた画像の有用性については、更なる検証が必要になると考えられる。 センサーサイズの小ささは、室内環境における撮影が基本であることを考えると、適用が難しい面もあるが、室内の光量などの条件によって、上手く活用する方法を検討すべきと考えられる。
	画質	ISO感度が低い場合は、非常にシャープな画像を出力するが、ISO感度が高い場合は、センサーサイズの小ささもあり、画質への影響が大きくなる。またISO感度はAuto固定であるため、調整は難しい。	
音声	人の声	人の声は十分に及第点を与えられる音質である。また人の声に反応して操作することができることも大きな特徴である。	音質自体は悪くないが、現場では気にならないような周囲の音が大きく拾われており、総合的には聞きづらい音になっている。取得した音声はノイズキャンセルのような機能を介して利用することを検討する必要があるかもしれない。
	周囲の音	周囲の機械音のようなものを拾って大きなノイズのような音が聞こえる傾向がある。	
配置	人の目線	食卓テーブルの中央に配置しているため、その存在感を消すことはできない。	食卓の中央という最も目線が向かう場所となるため、実際の模擬実験では、より検討が必要と考えられる。確実に人の表情を掴むことができるため、実験内容によっては非常に有効な選択肢となり得る。
	周囲への溶け込み	本体色を白と黒の2種類から選択できるため、室内空間に応じて溶け込み易い状態は作り易い。	

iv. 人追従カメラA：壁際

表2.3.4-4 「人追従カメラA：壁際」の検証結果

分類	項目	結果	考察（評価）
画像	画角	光学ズームを搭載し、19mmの広角から撮影できるため非常に活用幅が広い。顔認証での自動撮影機能があるが、本実証ではマスクをしての撮影となったため、的確でない画像も散見された。	壁際から広角で撮ったり、上下左右に動いて部屋の隅々まで撮影が可能と思われる。その他機能に関しては、食卓テーブル中央と同様。
	画質	食卓テーブル中央と同様だが、より周囲が暗い状況にあるため、ISO感度が上がり画質が低下し易い傾向があると思われる。	
音声	人の声	食卓テーブル中央と同様。	食卓テーブル中央と同様。
	周囲の音	食卓テーブル中央と同様。	
配置	人の目線	壁際の配置であるため、それほど存在は気にならない。但し、自動で首を振るため、その動作に応じて目線が行ってしまう状況は否めない。	背景により本体色を白か黒かを選択することで、多少存在感を消すことは可能であると考えが、自動首振り機能を上手く活かすためにも、壁に埋め込むなど、より目立たない環境の構築を検討しても良いと考える。
	周囲への溶け込み	食卓テーブル中央と同様。	

v. 全球カメラA：食卓テーブル脇

表2.3.4-5 「全球カメラA：食卓テーブル脇」の検証結果

分類	項目	結果	考察（評価）
画像	画角	360度を見渡すことができる画角は非常に有用である。居室内中央付近に設置することでほぼ全域を同時に撮像可能となる。	360度カメラというカジュアルなスタイルのカメラであるが、暗い室内でも十分に明るく、想像以上に画質の良さがあると思われる。観察システムにおいては、人の表情や顔色は非常に重要な要素であるため、そういった観点で再現性を確認していく必要があると思われる。
	画質	全体的に暗い室内でもかなり明るく撮像されている。閉鎖居住実験の運用において、画質は必要十分であると思われる。	
音声	人の声	違和感の無いクリアな会話が録音されている。	3種類のカメラの中では、最も人の声に集中できる音質であると思われる。自動的に調整をしていると考えられるが、観察システムの中で有用化どうか再度検討が必要かもしれない。
	周囲の音	周囲の雑音などはほぼ気にならない音質であり、非常に好感が持てる。	
配置	人の目線	食卓テーブルの脇にあるため、その存在感を消すことは難しい。	360度の画角を活かすために、居室中央への配置は避けられない。上手くその存在を隠すような設置の仕方を検討する必要があると思われる。
	周囲への溶け込み	本体色は黒のみの選択肢となるため、明るい背景色の室内では目立つ存在となる。	

vi. 全球カメラ：食卓テーブル中央上

表2.3.4-6 「全球カメラA：食卓テーブル中央上」の検証結果

分類	項目	結果	考察（評価）
画像	画角	やや上部からの撮像となり、正面と違い表情が取りにくい。	目線に近い食卓テーブル脇の方が、多少中心からズれていたとしても、人の表情が取り易い。
	画質	食卓テーブル脇と同様。	
音声	人の声	食卓テーブル脇と同様。	食卓テーブル脇と同様。
	周囲の音	食卓テーブル脇と同様。	
配置	人の目線	本実証では三脚上に設置していたため、三脚と共に非常に存在感が大きなものであった。この高さであれば、上から吊るす形の方が存在感を消すことができると思う。	画角も踏まえ、より人の目線に近い高さの方が、より本機の良さを人の表情などの撮像に利用できると考える。食卓中央でも良いが、少し中央から外れても十分に食卓全体を観察できるスペックであると思われる。
	周囲への溶け込み	食卓テーブル脇と同様。	

vii. 脳波センサーA

表2.3.4-7 「脳波センサーA」の検証結果

分類	項目	結果	考察（評価）
感度	センサーアーム	センサーアームはやや額への密着感を出すことが難しかったが、慣れの問題と思われ、一度安定した後は、ズレたりした場合以外で、特に感度が下がることはなかった。	トイツールのような外見だが、脳波センサーの感度自体は非常に良いと思われる。実際の脳波との適合性については更なる検証が必要ではあるが、観察システムにおいて重要なクルーの脳の状態をモニタリングできる可能性としては、非常に期待できる機材であると考えられる。
	イヤークリップ	耳たぶに挟み込むタイプのものであるが、特に痛みも無く、安定して高い感度を出していた。	
装着	ヘッドバンド	ヘッドバンドは緩くはないが、身体を動かす作業においては、非常にズレやすい。耳部分がどこかに当たってズレるケースも良く発生した。また長時間装着していることで、バンドの先の部分の当たりが痛くなってくるため、装着性の改善は必要と考えられる。	様々な身体を動かす作業のある閉鎖隔離環境においては、改善の余地が大いにある部分である。類似製品にもあるようなヘッドバンドや首掛けイヤホンに近い形状の方が、ズレの防止には良いかもしれない。
反応	耳部分	一旦脳波を取れるようになると、集中時やリラックス時の反応の違いなど、かなり敏感に反応することが分かった。集中時に動くことで逆に集中が削られるケースもあった。	実際の脳波の状態（リラックスや集中など）に合っているかどうかは、より詳しい検証が必要と考えられる。同社製品では、耳ではなくデータで外部から状態を取得できる製品も存在するため、観察システムとしてはそういったタイプの方が適しているかもしれない。

② 熊本県益城町における基礎実証

a) 概要

本調査における基礎実証の一環として、2016年4月の熊本地震で2度の震度7を経験した熊本県益城町にて、閉鎖隔離環境を想定したグループワークを行い、共同作業を通じたグループダイナミクスの観察手法に関して、被災経験を基にしたフィードバックを受ける。併せて撮影・録音機材を使用してグループワークを記録し、空間内における人間の動作や状況に対する有効性を検証する。

共同作業としては、友人知人ではない複数名の参加者に、東洋製罐グループホールディングス株式会社の製品である組み立て式ダンボールテント「DAN DAN DOME」（以降DDD）の組み立てを行ってもらう形で、被災経験の有り無し・被験者と研究者の立場に関係なく参加できる、避難生活を想起させるような共通のグループワークを通して、質的検証が実施可能な手法を採用した。

b) 実施場所

熊本県益城町総合運動公園内 総合体育館 武道場
(剣道場と柔道場が併設されており、剣道場部にて実施)



図2.3.4-3 実施場所

c) 作業参加者

本基礎実証における作業参加者の属性を以下に記載する。

表2.3.4-8 作業参加者の属性

No.	参加者識別	性別	職業	所属	熊本地震被災経験	DDD組み立て経験
①	作業員A	男	公務員	益城町役場	有り	無し
②	作業員B	男	公務員	益城町役場	有り	無し
③	作業員C	男	公務員	益城町役場	有り	無し
④	作業員D	男	公務員	益城町役場	有り	無し

⑤	作業員E	女	公務員	益城町役場	有り	無し
⑥	作業員F	女	公務員	益城町役場	有り	無し
⑦	作業員G	男	会社役員	一般企業	有り	無し
⑧	作業員H	女	薬剤師	一般企業	有り	無し
⑨	作業員I	男	エンジニア	一般企業	無し	有り

d) 実施手法

i. フィードバックの収集

避難所設営を想定したダンボールテントの組み立て作業という形での共同作業の中で、過去の被災経験から気づいたことや感じたこと、共同作業の内容に関する改善点などを、作業中や作業後の会話、およびアンケートへの回答を通じてフィードバックの収集を行う。

表2.3.4-9 アンケートの内容

No.	質問概要
1	<p>本日は主にどのような立場の視点で体験会に参加されましたか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主に「行政として」災害対応にかかわる立場 ・主に「避難者として」災害対応にかかわる立場 ・主に「地域ボランティアとして」災害対応にかかわる立場 ・その他: <p>「その他」とお答え頂いた方、ご自身の視点を記述ください</p>
2	<p>ご自身が身を寄せる避難所には、顔見知りのかたはどれくらいいますか？（いると思いますか？）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ほとんどが顔見知りだと思う ・顔見知りの方が多いと思う ・顔見知りの方が少ないと思う ・ほとんど顔見知りはいないと思う ・分からない
3	<p>避難所の、生活に関連する意思決定（例：掃除、ごみの分別、消灯時間など）がスムーズにまとまるためには、何がキーになると思いますか？自由に何でもお書き下さい</p>
4	<p>もし避難所運営のキーマンに指名されたとしたら、どう思いますか？5段階でお答え下さい</p> <p><できないと思う> 1 2 3 4 5 <できると思う></p> <p>なぜそう感じたのか、理由をお答え下さい</p>
5	<p>本日のグループワークを通して、顔見知りや初顔のひと同士のコミュニケーションは深まると思いますか？</p> <p><そう思わない> 1 2 3 4 5 <そう思う></p> <p>なぜそう感じたのか、理由をお答え下さい</p>
6	<p>もしご自身が避難所のキーマンに指名された場合、本日のグループワークは助けになりますか？</p> <p><そう思わない> 1 2 3 4 5 <そう思う></p> <p>なぜそう感じたのか、どんな助けになり得そうか、自由にお答え下さい</p>
7	<p>本日のグループワークの、良いと思うところを、自由に何でもお書き下さい</p>

8	本日のグループワークの、良くないと思うところを、自由に何でもお書き下さい
9	みなさんが避難所の簡易パーソナルスペースに期待すること（複数選択可） <ul style="list-style-type: none"> ・居室内の居心地の良さ ・暗さやプライバシーの確保 ・見た目 ・耐久性や耐候性 ・保管や運搬のしやすさ ・解体後の捨てやすさ ・組み立てのスピードや効率性 ・大人から子どもまで組み立てに加われる ・組み立ての楽しさ、仲間とのコミュニケーション ・その他:
	「その他」とお答え頂いた方、具体的に記述ください
10	本日のグループワークを、防災訓練&教育のアイデアのひとつや、防災備蓄品として検討してみたいと思いますか？
	なぜそう感じたのか、理由をお答え下さい
11	その他の感想やご意見などありましたら、自由に何でもお書きください。

ii. 画像・音声による観察

ダンボールテント組み立て作業空間における観察を行うために、固定点に配置されたカメラやICレコーダーにて組み立て作業を撮影、録音し、集団としてのアクティビティを記録する。取得した静止画像・動画像・音声データから、広範囲の作業空間における観察システムとしての有効性を検証する。

表2.3.4-10 機材の観察手法

No.	機材	対象データ	配置	人への干渉度	備考
①	広角小型カメラA	動画	作業空間外郭角	低：作業空間内で回避不要	
②	人追従カメラA	動画、静止画	作業空間外郭～内部	中：作業空間内で要回避	作業状況に応じて移動
③	全球カメラ	静止画	作業空間中央～外郭	高：作業空間内で要回避	作業状況に応じて移動
④	広角小型カメラB	動画	作業空間外部角	低：作業空間内で回避不要	①と同一地点
⑤	録音機A	音声	作業空間外部角	低：作業空間内で回避不要	
⑥	録音機B	音声	作業空間外部角	低：作業空間内で回避不要	

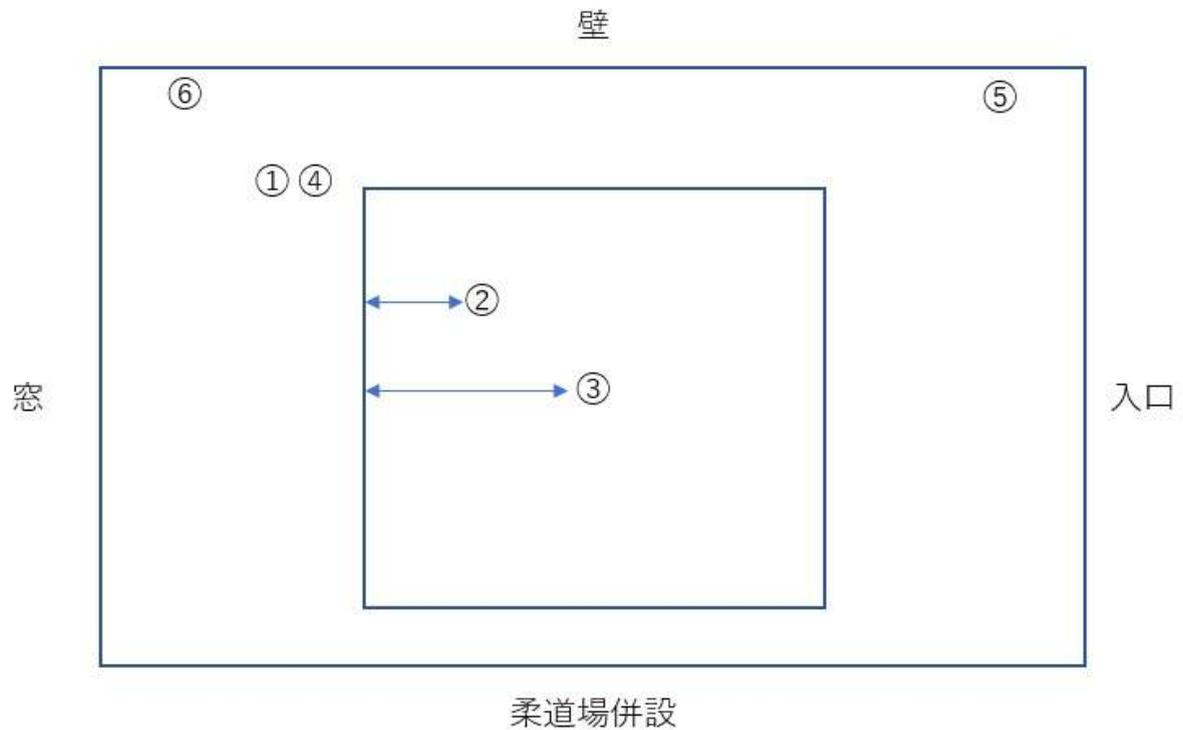


図2.3.4-4 機材の空間内配置図

e) フィードバックの結果・考察

アンケートによって抽出した参加者毎の見解を比較した結果、参加者から多様な意見を幅広く広い出すことができ、またその中に被災経験に基づくリアリティのある意見も複数含まれていたことから、質的研究の手法においては客観性の担保などのハードルもあるが、極地に類する経験者を対象とした実証検証の有効性と重要性が確認できた。



図2.3.4-5 グループワークの様子

f) 画像・音声による観察結果・考察

本基礎実証において画像・音声により取得した観察データの結果及び考察を以下に記載する。

i. 広角小型カメラA

表2.3.4-11 「広角小型カメラA」の検証結果

分類	項目	結果
画像	画角	作業空間角からの画角としてはほぼ全域が撮像可能であるが、一部画角に収まらない空間が存在する。
	画質	1インチセンサーを使用した非常に高画質での撮像が可能であるが、長時間の録画のため解像度を落として撮影しており、やや粗い画質となっている。
音声	人の声	カメラ近距離に関しては非常にクリアであるが、距離が離れたり、声が小さいケースでは十分に聞き取ることができないことがあった。
	周囲の音	周囲の雑音は拾ってしまうが、人の声が聞こえなくなることは無かった。上階のバスケットボールの音はやや強い雑音となっているが、人の声は十分に聞き取れる範囲であった。
配置	人の目線	作業空間の外に配置されているため、存在を意識することは殆どなかった。
	周囲への溶け込み	三脚上に設置されているため、存在自体は分かる。

画像



考察（評価）

「①閉鎖環境における予備実証」にて検証した通り、1インチセンサーによる高画質とクリアな音質での記録が可能機材であると考え。ミッションの長さに応じて、可能な限り高解像度の画質にてデータ取得が可能となるように、事前にミッション期間とメモリ容量のサイズを検討して使用することで、より本機のポテンシャルを活かすことが可能と考える。

ii. 人追従カメラA

表2.3.4-12 「人追従カメラA」の検証結果

分類	項目	結果
画像	画角	作業空間の外郭にある場合は、かなり広い範囲を移すことが可能であるが、作業者の近くでの撮像の方が、首振り機能と相まって座った作業などをより臨場感をもって撮像が可能である。但し、自動撮像機能は人がマスクをしていることもあるせいか、外れることがやや多いようである。
	画質	センサーサイズからも高画質はそれほど望めないが、微妙な顔色の違いなどの判定を行うような用途でなければ、記録としては十分な画質と考えられる。
音声	人の声	やや籠った音声ではあるが、十分に聞き取りが可能である。
	周囲の音	周囲の雑音が入るが人の声が聞き分けられない程ではない。
配置	人の視線	首振り機能のおかげで低位置から撮像が可能のため、それほど作業の邪魔であったりすることは無かった。
	周囲への溶け込み	存在自体は十分に分かるが、作業者の近くにあっても作業時にぶつかってしまうことは殆どなかった。

画像



考察（評価）

画質や音質よりも作業者のより近くで臨場感のある撮像が可能なが特長である。自動撮像機能は人の顔のマスクのせいか外れの撮像がかなり多いが、上手く撮像できた場合には人の動きに合わせて自動首振りを行うなど、他の機種には無い可能性を感じさせた。他機材と上手く棲み分けを図ることで、本機のポテンシャルをより活かすことが可能であると考えられる。

iii. 全球カメラA

表2.3.4-13 「全球カメラA」の検証結果

分類	項目	結果
画像	画角	画角の広さは非常に有用で、一部のみを参照したり全体を俯瞰したりといったビューワの使い勝手も良く、広範囲の作業には適した機材と思われる。
	画質	画質も高く、室内でも適度な明るさで画像を取得できる。
音声	人の声	－
	周囲の音	－
配置	人の目線	本機の機能を考えると空間の中央に配置され、また立ったときに丁度目線の高さにくるため、配置としてはその存在間を意識せずにはいられない。
	周囲への溶け込み	存在感はあるが、三脚上にバランスの良くない高さで設置していたこともあり、何度か作業中にぶつかって倒れてしまうことがあった。

画像



考察（評価）

「①閉鎖環境における予備実証」にて検証した通りであるが、空間中央に配置することは避けられないため、作業中にぶつかっても問題ないように上から吊るすなど、設置の仕方を工夫する必要があると考えられる。360°の撮像範囲という絶対的な特長がありながら、基本的な画質や機能は高く、使い勝手が良いので、他機材と使い分けることで相乗効果を出すことが可能であると考えられる。

iv. 広角小型カメラB

表2.3.4-14 「広角小型カメラB」の検証結果

分類	項目	結果
画像	画角	作業空間角からの画角としては全域が撮像可能であるが、広角であるがゆえに周辺画像の歪みについてはよく検討する必要がある。場合によっては設定を変えてより標準画角に近い撮像を行うことも検討すべきと考えられる。
	画質	室内での撮影であったが、やや青みがかった画質となっている。機能性を考えると室外での作業について検証することで、異なる結果が得られるかもしれない。
音声	人の声	近距離の場合、やや籠った音質であるが、十分に人の声を聞き取ることが可能である。遠距離になると小さい声は殆ど聞こえない状態になる。
	周囲の音	周囲の雑音をやや拾い易いと思われ、全体的にやや聞きづらくなっているかもしれない。
配置	人の視線	作業空間の外に配置されているため、存在を意識することは殆どなかった。
	周囲への溶け込み	三脚上に設置されているため、存在自体は分かる。

画像



考察（評価）

画角は十分であるが、やや青みがかった画質と共に室内での使用については十分に検討すべきと考える。雑音の気になる音質も含め、他機材でカバーすることは可能と考えられる。

v. 録音機A

表2.3.4-15 「録音機A」の検証結果

分類	項目	結果
画像	画角	—
	画質	—
音声	人の声	人の声は非常にクリアに聞こえ、空間外郭角に配置されているが、より近い距離にある広角小型カメラAでは拾えなかったような、対角線上の反対側の小さな人の声もしっかり拾っており、録音機材としては大変優秀な機材である。
	周囲の音	周囲の音はやはり拾ってしまうが、人の声は十分にクリアであるため、実用上問題はないと考えられる。
配置	人の目線	空間上の角より離れた壁際に配置しており、人の目線に入ることはほぼない。
	周囲への溶け込み	壁際に配置しており、完全に周囲に一致している。
考察（評価）		
音質が非常に高く、カメラの動画では拾えない音も拾えるため、こうした広範囲での観察においては、カメラと併用して使用すべきと考える。		

v. 録音機B

表2.3.4-16 「録音機B」の検証結果

分類	項目	結果
画像	画角	—
	画質	—
音声	人の声	人の声は十分にクリアで、カメラの動画と比較すると音声に関しては、ICレコーダーに軍配が上がる。
	周囲の音	周囲の音はやはり拾ってしまうが、人の声は十分にクリアであり、大きな問題はないと考える。
配置	人の目線	空間上の角より離れた壁際に配置しており、人の目線に入ることはほぼない。
	周囲への溶け込み	壁際に配置しており、完全に周囲に一致している。
考察（評価）		
音質面ではやや録音機Aに劣る部分があるが、音質は十分に高く、広い範囲の空間作業における観察システムとしては、カメラと併用してICレコーダーを使用すべきと考える。		