

芭蕾呪法

Phase 3 – 버그픽스 & 기능구현 테스트 리포트

2026-02-22 | /sc:duo 자동 생성

1 작업 요약

이번 세션에서는 기존 코드베이스의 버그 3건을 수정하고 신규 기능 5건을 구현하였다. 모든 작업은 Claude(설계/검증) + Gemini CLI(구현) 분업 워크플로우로 진행되었으며, 최종 pytest 실행 결과 **23 passed, 3 skipped, 0 failed**를 달성하였다.

2 버그픽스 결과

번호	항목	상태	파일
B-1	test_beat_loss_analyzer.py – @patch 데코레이터 순서 버그	FIXED	tests/test_beat_loss_analyzer.py
B-2	beat_loss_analyzer.py – 하드코딩된 OUTPUT_DIR 경로	FIXED	src/beat_loss_analyzer.py
B-3	requirements.txt – 미사용 trimesh 의존성 제거	FIXED	requirements.txt

2.1 B-1: @patch 데코레이터 순서 버그

증상: test_main_function_generates_outputs에서 mock_savefig.call_count >= 5 어서션이 실패. 실제 호출 횟수가 0으로 나타남.

원인: Python의 \@patch 데코레이터는 아래에서 위로 적용되지만 함수 파라미터에는 위에서 아래 순서로 매핑된다. 데코레이터 순서와 파라미터 이름이 불일치하여 mock_savefig가 실제로는 mock_addfont를 참조하고 있었다.

수정: 데코레이터를 파라미터 순서(위→아래)와 일치하도록 재배치하여 각 mock 변수가 올바른 패치 대상을 참조하도록 수정.

```
# 수정 전: 파라미터 매핑 불일치
# @patch('matplotlib.font_manager.FontManager.addfont') # mock_savefig 에 잘못 매핑
# @patch('beat_loss_analyzer.plt.savefig')

# 수정 후: 파라미터 순서와 일치
# @patch('matplotlib.pyplot.close') # 6번째 param = mock_close
# @patch('matplotlib.pyplot.figure') # 5번째 param = mock_figure
# @patch('...FontManager.addfont') # 4번째 param = mock_addfont
# @patch('beat_loss_analyzer.plt.savefig') # 3번째 param = mock_savefig
# @patch('beat_loss_analyzer.plt.show') # 2번째 param = mock_show
# @patch('builtins.open', ...) # 1번째 param = mock_file_open
```

2.2 B-2: 하드코딩된 OUTPUT_DIR 경로

증상: beat_loss_analyzer.py 및 video_overlay_generator.py에 절대 경로가 하드코딩되어 다른 환경에서 실행 불가.

수정: 환경 변수 JUBEOP_OUTPUT_DIR 우선 참조, 없으면 프로젝트 루트 기반 상대 경로 자동 계산.

```
OUTPUT_DIR = os.environ.get(
    "JUBEOP_OUTPUT_DIR",
    os.path.join(os.path.dirname(os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))),
```

```
    "reports", "2026-02-16_phase2_3d_comparison", "assets")  
)
```

2.3 B-3: 미사용 trimesh 의존성 제거

trimesh>=3.23.0은 requirements.txt에 등록되어 있었으나 코드베이스 어디에서도 import되지 않았음을 확인 후 삭제하여 설치 부담 감소.

3 신규 기능 구현 결과

번호	기능	상태	파일
F-1	DTW 기반 자동 시간축 정렬	DONE	src/comparator.py
F-2	통합 CLI 파이프라인	DONE	src/pipeline.py
F-3	Lambda 자동 보정 — Loss_jubeop 공식	DONE	src/beat_loss_analyzer.py
F-4	SMPL 멀티프레임 시퀀스 처리	DONE	src/smpl_visualizer.py
F-5	실시간 카메라 포즈 비교	DONE	src/realtime_comparator.py

3.1 F-1: DTW 기반 자동 시간축 정렬

기준 영상과 비교 영상의 시작 타이밍 차이를 자동으로 보정하는 DTW(Dynamic Time Warping) 정렬 기능을 comparator.py에 추가하였다.

핵심 구현:

- scipy.spatial.distance.cdist로 8개 주요 관절(힙, 어깨, 무릎, 발목)의 프레임 간 거리 행렬 계산
- DP 백트래킹으로 최적 정렬 경로 탐색
- 시작 오프셋 탐색 범위를 전체 시퀀스의 처음 30%로 제한하여 과도한 정렬 방지

검증 결과 (샘플 데이터):

- DTW 오프셋: ref=89 프레임, comp=0 프레임 (\rightarrow 약 3.7초 시차 자동 감지)
- 정렬 후 평균 손실: 0.2645
- 결과 메타데이터에 dtw_aligned: true, dtw_offsets 포함

3.2 F-2: 통합 CLI 파이프라인

포즈 추출 \rightarrow 비교 \rightarrow 시각화의 전체 분석 플로우를 단일 명령으로 실행하는 src/pipeline.py를 작성.

```
python3 src/pipeline.py \
--ref reference.mp4 \
--comp dancer.mp4 \
--output results/
```

생성 결과물:

- reference_poses.json, compare_poses.json
- comparison_result.json
- loss_graph.png, skeleton_max_loss.png, joint_heatmap.png

3.3 F-3: Lambda 자동 보정

기존 beat_loss_analyzer.py의 Loss_jubeop 공식에서 $\lambda_1 = 1.0, \lambda_2 = 1.0$ 이 하드코딩되어 있던 문제를 해결.

공식: $L_j = \lambda_1 \cdot P_{\text{err}} + \lambda_2 \cdot \Delta t$

calibrate_lambdas() 함수가 실제 데이터 분포의 최댓값 기반으로 가중치를 자동 계산하여 두 항이 동등하게 기여하도록 정규화함.

검증 결과:

- $\lambda_1 = 1.9896$ (beat_loss 최댓값 0.5026 기반)
- $\lambda_2 = 1.7082$ (delta_t_sync 최댓값 0.5854 기반)

3.4 F-4: SMPL 멀티프레임 시퀀스 처리

기존에 단일 프레임만 처리하던 SMPL 시각화를 시퀀스 전체로 확장.

- generate_smpl_sequence() 함수: 시퀀스에서 균등 샘플링, 프레임별 PNG 저장
- OpenCV 사용 가능 시 4fps mp4 자동 생성
- CLI: `python3 src/smpl_visualizer.py --seq --max-frames 10 ...`

3.5 F-5: 실시간 카메라 포즈 비교

카메라 피드에서 실시간으로 포즈를 감지하고 기준 포즈와 비교하는 `RealtimeComparator` 클래스를 구현.

주요 특성:

- MediaPipe LIVE_STREAM 비동기 모드로 고프레임을 유지
- 이동 평균 필터(configurable window)로 손실 값 안정화
- 화면 색상 피드백: 손실 $\leq 0.3 \rightarrow$ 초록, $> 0.3 \rightarrow$ 빨강
- 헤드리스 환경(WSL/CI)에서도 import 가능, run() 호출 시에만 카메라 필요

```
python3 src/realtime_comparator.py \
--ref data/sample/reference_poses_3d.json \
--camera 0
```

4 전체 테스트 결과

4.1 pytest 실행 결과

```
===== test session starts =====
platform linux -- Python 3.10.12, pytest-9.0.2, pluggy-1.6.0 -- /usr/bin/python3
cachedir: .pytest_cache
metadata: {'Python': '3.10.12', 'Platform': 'Linux-6.6.87.2-microsoft-standard-WSL2-x86_64-with-glibc2.35', 'Packages': {'pytest': '9.0.2', 'pluggy': '1.6.0'}, 'Plugins': {'mock': '3.15.1', 'metadata': '3.1.1', 'playwright': '0.7.2', 'base-url': '2.1.0', 'bdd': '8.1.0', 'hypothesis': '6.148.7', 'html': '4.1.1', 'asyncio': '1.3.0', 'superclaude': '4.2.0', 'cov': '7.0.0', 'anyio': '4.12.0'}, 'Base URL': ''}
hypothesis profile 'default'
SuperClaude: 4.2.0
rootdir: /mnt/d/progress/芭蕾呪法
configfile: pyproject.toml
plugins: mock-3.15.1, metadata-3.1.1, playwright-0.7.2, base-url-2.1.0, bdd-8.1.0, hypothesis-6.148.7, html-4.1.1, asyncio-1.3.0, superclaude-4.2.0, cov-7.0.0, anyio-4.12.0
asyncio: mode=strict, debug=False, asyncio_default_fixture_scope=None, asyncio_default_test_scope=function
collecting ... collected 26 items

tests/test_beat_loss_analyzer.py::test_calculate_frame_loss_perfect_match PASSED [ 3%]
tests/test_beat_loss_analyzer.py::test_calculate_frame_loss_deviated_frames PASSED [ 7%]
tests/test_beat_loss_analyzer.py::test_calculate_individual_joint_losses PASSED [ 11%]
tests/test_beat_loss_analyzer.py::test_calculate_delta_t_sync_per_beat PASSED [ 15%]
tests/test_beat_loss_analyzer.py::test_main_function_generates_outputs PASSED [ 19%]
tests/test_phase0.py::test_extract_poses_file_not_found PASSED [ 23%]
tests/test_phase0.py::test_normalize_single_frame_basic PASSED [ 26%]
tests/test_phase0.py::test_normalize_single_frame_no_shoulder PASSED [ 30%]
tests/test_phase0.py::test_normalize_poses_full PASSED [ 34%]
tests/test_phase0.py::test_normalize_poses_metadata PASSED [ 38%]
tests/test_phase2.py::test_calculate_l2_distance_3d_basic PASSED [ 42%]
tests/test_phase2.py::test_calculate_l2_distance_3d_same_point PASSED [ 46%]
tests/test_phase2.py::test_compare_poses_use_world_metadata PASSED [ 50%]
tests/test_phase2.py::test_compare_poses_2d_backward_compatible PASSED [ 53%]
tests/test_phase2.py::test_3d_loss_lower_than_2d PASSED [ 57%]
tests/test_phase2.py::test_compare_poses_3d_no_normalization PASSED [ 61%]
tests/test_pm_agent_integration.py::test_pose_extraction_confidence SKIPPED [ 65%]
tests/test_pm_agent_integration.py::test_normalization_confidence SKIPPED [ 69%]
tests/test_pm_agent_integration.py::test_normalization_validation PASSED [ 73%]
tests/test_pm_agent_integration.py::test_l2_distance_validation PASSED [ 76%]
tests/test_pm_agent_integration.py::test_mediapipe_model_download_error_learning PASSED [ 80%]
tests/test_pm_agent_integration.py::test_normalization_edge_case_learning PASSED [ 84%]
tests/test_pm_agent_integration.py::test_simple_task_budget PASSED [ 88%]
tests/test_pm_agent_integration.py::test_medium_task_budget PASSED [ 92%]
tests/test_pm_agent_integration.py::test_complex_task_budget PASSED [ 96%]
tests/test_pm_agent_integration.py::test_full_pm_agent_workflow SKIPPED [100%]

===== warnings summary =====
../../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:64
  /usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:64: DeprecationWarning:
'oneOf' deprecated - use 'one_of'
    prop = Group((name + Suppress("=") + comma_separated(value)) | oneOf(_CONSTANTS))

../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:85
../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:85
../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:85
../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:85
../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:85
../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:85
  /usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:85: DeprecationWarning:
'parseString' deprecated - use 'parse_string'
    parse = parser.parseString(pattern)
```

```

../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:89
../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:89
../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:89
../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:89
../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:89
../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:89
../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:89
    /usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_fontconfig_pattern.py:89: DeprecationWarning:
'resetCache' deprecated - use 'reset_cache'
    parser.resetCache()

../../../../usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_mathtext.py:45
    /usr/local/lib/python3.10/dist-packages/matplotlib/_mathtext.py:45: DeprecationWarning:
'enablePackrat' deprecated - use 'enable_packrat'
    ParserElement.enablePackrat()

-- Docs: https://docs.pytest.org/en/stable/how-to/capture-warnings.html
===== 23 passed, 3 skipped, 14 warnings in 1.47s =====

```

4.2 테스트 커버리지 요약

테스트 파일	통과	스kip	실패
test_beat_loss_analyzer.py	5	0	0
test_phase0.py	5	0	0
test_phase2.py	6	0	0
test_pm_agent_integration.py	7	3	0
합계	23	3	0

최종 결과: 23 passed, 3 skipped, 0 failed

스킵된 3건은 실제 MediaPipe 모델 파일 또는 카메라 하드웨어가 필요한 통합 테스트로, 환경 제약상 정상 스kip 처리됨.

5 구현 아키텍처 변화

수정 전	수정 후
각 단계를 개별 스크립트로 수동 실행	pipeline.py 단일 명령으로 전체 파이프라인 실행
시간축 오프셋을 수동으로 설정	DTW로 최적 오프셋 자동 탐색
λ 가중치 하드코딩 (1.0, 1.0)	calibrate_lambdas()로 데이터 기반 자동 산출
SMPL 단일 프레임만 시각화	전체 시퀀스 배치 처리 + mp4 생성
사후 분석만 가능	realtime_comparator.py로 실시간 피드백 가능
OUTPUT_DIR 하드코딩	JUBEOP_OUTPUT_DIR 환경변수 또는 자동 경로 계산

6 결론 및 다음 단계

이번 Phase 3 작업으로 芭薈呪法 PoC의 핵심 기능이 완성 단계에 진입하였다.

완료된 항목:

- 버그 3건 수정 (테스트 신뢰성 확보 — 0 failed 달성)
- DTW 자동 정렬로 실용성 향상
- 통합 파이프라인으로 사용성 개선
- Loss_jubeop 공식 데이터 기반 보정 적용
- 실시간 비교 기반 마련

다음 권장 단계:

- 실제 영상 E2E 테스트: 실제 발레 영상으로 pipeline.py 전체 흐름 검증
- realtime_comparator 통합 테스트: 카메라 환경에서 실시간 응답성 측정
- SMPL 시퀀스 품질 평가: 다양한 동작에서 메시 품질 확인
- UI/UX 레이어: 비기술자도 사용 가능한 인터페이스 검토